

# ZAJEDNIČKA STRATEGIJA PROVEDBE OKVIRNE DIREKTIVE O VODAMA (2000/60/EC)

Vodič br. 15.

Vodič o praćenju podzemnih voda

Europe Direct je služba koja  
pomaže pri pronalaženju odgovora  
na pitanja o Europskoj uniji

Novi besplatni broj telefona:  
00 800 6 7 8 9 10 11

Mnoštvo dodatnih informacija o Europskoj uniji dostupno je na internetu.  
Može im se pristupiti preko servera Europa (<http://ec.europa.eu>).

Luksemburg: Ured za službene publikacije Europskih zajednica, 2007.

ISBN 92-79-04558-X  
ISSN 1725-1087

© Europske zajednice, 2007.  
Reprodukcija je dopuštena uz navođenje izvora.

**ZAJEDNIČKA STRATEGIJA PROVEDBE  
OKVIRNE DIREKTIVE O VODAMA  
(2000/60/EC)**

**Vodič br. 15**

**Vodič o praćenju podzemnih voda**

Izjava o odbijanju prihvaćanja odgovornosti:

Ovaj je tehnički dokument izrađen kroz suradnju Europske komisije, svih država članica Europske unije, država pristupnica, Norveške i drugih interesenata i nevladinih organizacija. Dokument treba promatrati kao prikaz neformalnog sporazumnog stajališta o najboljoj praksi o kojemu su svi partneri suglasni. Međutim, dokument nužno ne predstavlja službeno stajalište bilo kojeg od partnera. Stoga gledišta iskazana u ovom dokumentu ne predstavljaju nužno gledišta Europske komisije.

## PREDGOVOR

Državni dužnosnici odgovorni za vodnogospodarska pitanja država članica Europske unije (EU), država pristupnica, država kandidatkinja za članstvo i država članica Europskoga udruženja slobodne trgovine (EFTA) izradili su zajedničku strategiju za potporu provedbi Direktive 2000/60/EC „kojom se uspostavlja okvir za djelovanje Zajednice na području vodne politike“ (Okvirna direktiva o vodama, ODV). Glavni je cilj te strategije omogućiti dosljednu i usklađenu provedbu Direktive. Naglasak je stavljen na metodološka pitanja povezana sa zajedničkim razumijevanjem tehničkih i znanstvenih implikacija Okvirne direktive o vodama.

Jedan od ciljeva Strategije je izraditi pravno neobvezujuće i praktične vodiče (eng. Guidance Documents) o različitim tehničkim aspektima Direktive. Ti su vodiči namijenjeni onim stručnjacima koji izravno ili neizravno provode Okvirnu direktivu o vodama na riječnim slivovima. Struktura, prezentacija i terminologija su stoga prilagođene potrebama tih stručnjaka, a formalni pravni jezik se izbjegava kad god je to moguće.

U kontekstu gore spomenute strategije izrađen je vodič „Praćenje prema Okvirnoj direktivi o vodama“, koji su u studenom 2002. odobrili državni dužnosnici odgovorni za vodnogospodarska pitanja (Vodič br. 7). Taj dokument državama članicama daje upute o praćenju površinskih kopnenih voda, prijelaznih voda, priobalnih voda i podzemnih voda, na temelju kriterija navedenih u Dodatku V Okvirne direktive o vodama.

Slijedom toga, te u kontekstu izrade nove Direktive o podzemnim vodama prema članku 17. Okvirne direktive o vodama, države članice su ukazale na potrebu pojašnjavanja pitanja praćenja podzemnih voda vezanih uz npr. praćenje količinskog i kemijskog stanja, praćenje zaštićenih područja ili praćenje povezano s mjerama prevencije/ograničavanja unosa onečišćujućih tvari. Projekt izrade vodiča koji bi dopunio Vodič br. 7 osmišljen je 2004., te je u sklopu Radne skupine za podzemne vode (Radna skupina C) uspostavljena neformalna skupina za njegovu izradu. Tom su skupinom koordinirale Austrija i Ujedinjena Kraljevina, a uključivala je niz stručnjaka iz drugih država članica i iz zainteresiranih organizacija.

Ovaj je Vodič proizvod te skupine. Sadrži sintezu ishoda rasprava koje su se odvijale od prosinca 2004. godine. Temelji se na ulaznim i povratnim informacijama od čitavog niza stručnjaka i interesenata koji su bili uključeni u postupak izrade Vodiča kroz sastanke, radionice, konferencije i elektroničke medije, ne obvezujući ih na ovaj sadržaj ni na koji način.

„Mi, državni dužnosnici odgovorni za vodnogospodarska pitanja država članica Europske unije, Norveške, Švicarske i država koje su podnijele zahtjev za članstvo u Europskoj uniji, smo proučili i prihvatili ovaj Vodič na našem neformalnom sastanku tijekom finskog predsjedanja EU-om u Inariju (30. studenog – 1. prosinca 2006.). Želimo zahvaliti sudionicima Radne skupine C i, osobito, voditeljima skupine za izradu dokumenta o praćenju podzemnih voda, Austriji i Ujedinjenoj Kraljevini, na izradi ovog dokumenta visoke kakvoće.

Snažno vjerujemo da će ovaj i drugi Vodiči izrađeni u sklopu Zajedničke strategije provedbe imati ključnu ulogu u procesu provedbe Okvirne direktive o vodama i novousvojene Direktive o podzemnim vodama.

Ovaj je Vodič živi dokument koji će trebati stalno nadopunjavati i nadograđivati paralelno sa širenjem primjene i iskustva u svim državama Europske unije i šire. Međutim, suglasni smo da se ovaj dokument javno objavi u svojem sadašnjem obliku kako bi ga se predstavilo široj javnosti kao temelj za nastavak tekućeg posla na provedbi.

Obvezujemo se i da ćemo procijeniti i donijeti odluku o potrebi provjere ovoga dokumenta u svjetlu znanstvenog i tehničkog napretka i iskustava stečenih u programima praćenja Okvirne direktive o vodama“.

## ČLANOVI SKUPINE KOJA JE IZRADILA DOKUMENT

### Voditelji aktivnosti

Johannes GRATH, Federalna agencija za zaštitu okoliša (Austrija)

Rob WARD, Agencija za zaštitu okoliša (Ujedinjena Kraljevina)

Philippe QUEVAUVILLER (Europska komisija)

### Članovi skupine

Ralf EPPINGER AMINAL, Ministarstvo flamanske Vlade (Belgija)

Rossitza GOROVA, Ministarstvo zaštite okoliša i vodnoga gospodarstva (Bugarska)

Daniela DENEVA, EXEA-Sofia (Bugarska)

Martin AST, Federalna agencija za zaštitu okoliša (Njemačka)

Rüdiger WOLTER, Federalna agencija za zaštitu okoliša (Njemačka)

Isaac SANCHEZ NAVARRO, Ministarstvo zaštite okoliša (Španjolska)

Carlos MARTINEZ NAVARRETE, Španjolski geološki institut (Španjolska)

Ariane BLUM, BRGM (Francuska)

Anne-Marie FOUILLAC, BRGM (Francuska)

Paola BOTTONI\*, ISS (Italija)

Martina BUSSETTINI\*, APAT (Italija)

Elisabetta PREZIOSI\*, Zavod za istraživanje voda (Italija)

Giuseppe GIULIANO\*, Zavod za istraživanje voda (Italija)

Manuel SAPIANO, Malta Resources Authority (Malta)

Dico FRATERS, RIVM (Nizozemska)

Jan CRAMER, Norveški geološki institut (Norveška)

Mihai BRETOTEAN, Institut za hidrologiju i vodno gospodarstvo (Rumunjska)

Lutgart van NEVEL, IRMM (Europska komisija, Centar za zajednička istraživanja)

Franz MEISSNER, AquaOpta GmbH (CEEP)

Christian GRØN (Nordtest)

Ulrich BORCHERS, Institut za vode (CEN)

Hans-Peter BROERS, EuroGeoSurveys

John CHILTON, Britanski geološki institut (UN-ECE, IAH)

Paolo SEVERI (EPRO)

Andreas SCHEIDLEDER, Federalna agencija za zaštitu okoliša (konzultant)

\*... članovima iz Italije koordinira talijansko Ministarstvo zaštite okoliša

## SADRŽAJ

Članovi skupine koja je izradila dokument .....	6
Zajednička strategija provedbe Okvirne direktive o vodama .....	9
1 Svrha i opseg vodiča .....	10
2 Pozadina .....	11
3 Opća načela .....	14
3.1 Konceptualni modeli kao osnova za monitoring .....	16
3.2 Tipovi vodonosnika .....	18
3.3 Grupiranje cjelina podzemnih voda .....	19
3.4 Integrirano praćenje .....	20
3.5 Pregled i ažuriranje mreže .....	21
4 Praćenje kemijskog stanja i trendova .....	22
4.1 Izrada programa nadzornog monitoringa .....	22
4.1.1 Odabir pokazatelja nadzornog monitoringa .....	23
4.1.2 Odabir reprezentativnih lokacija nadzornog monitoringa .....	24
4.1.3 Učestalost monitoringa .....	26
4.2 Izrada programa operativnog monitoringa .....	28
4.2.1 Odabir pokazatelja operativnog monitoringa .....	28
4.2.2 Odabir reprezentativnih lokacija operativnog monitoringa .....	29
4.2.3 Učestalost monitoringa .....	30
5 Praćenje količinskog stanja voda .....	32
5.1.1 Parametri monitoringa .....	33
5.1.2 Odabir gustoće točaka monitoringa .....	34
5.1.3 Učestalost monitoringa .....	35
6 Monitoring zaštićenih područja .....	36
6.1 Monitoring zaštićenih područja vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju .....	36
7 Monitoring sprečavanja i ograničavanja unosa onečišćenja .....	39
8 Osiguravanje kakvoće podataka monitoringa .....	41
8.1 Zahtjevi kakvoće .....	41
8.2 Kontrola kakvoće .....	42
9 Metode uzorkovanja i analize .....	44
10 Izvještavanje .....	46
Pojmovnik .....	47
Dodatak 1 – Tipovi vodonosnika .....	48
Dodatak 2 – Potrebne informacije o točkama monitoringa .....	51
Dodatak 3 – Prednosti i nedostaci korištenja raspoloživih zdenaca .....	53
Dodatak 4 – Početne upute o odabiru pokazatelja .....	57
Studija slučaja – Nizozemska .....	62
Studija slučaja – Austrija .....	65
Studija slučaja – Finska, Švedska, Norveška .....	68
Studija slučaja – Malta .....	71
Studija slučaja – Sjeverozapadna i središnja Europa .....	73
Studija slučaja – Pokrajina Århus (Danska) .....	76
Studija slučaja – Tiber, Colli Albani (Italija) .....	79
Studija slučaja – Regija Emilia-Romagna (Italija) .....	82



## **ZAJEDNIČKA STRATEGIJA PROVEDBE OKVIRNE DIREKTIVE O VODAMA**

Okvirna direktiva o vodama (2000/60/EC, ODV)<sup>1</sup> je opsežan zakonski dokument koji, među ostalim, propisuje ciljeve „dobrog stanja“ za sve vode u Europi. Direktiva propisuje održivo i integrirano upravljanje riječnim slivovima s obvezujućim ciljevima, jasnim rokovima i opsežnim programom mjera na temelju znanstvene, tehničke i ekonomske analize, koja je uključivala javni uvid i javnu raspravu. Ubrzo nakon njezina usvajanja postalo je očito da će uspješna provedba Direktive biti jednako izazovan i ambiciozan pothvat za sve uključene države, institucije i interesente.

Kako bi se izazovima pristupilo na koordiniran način, države članice EU-a, Norveška i Komisija usuglasile su se o Zajedničkoj strategiji provedbe (CIS) Okvirne direktive o vodama samo pet mjeseci nakon njezinog stupanja na snagu. Osim toga, državni dužnosnici odgovorni za vodnogospodarska pitanja naglasili su da je u taj zajednički proces nužno uključiti interesente, nevladine organizacije i istraživačku zajednicu, kao i da je državama kandidatkinjama za članstvo u EU-u potrebno omogućiti sudjelovanje kako bi im se olakšao kohezijski proces.

U prvoj fazi zajedničkog procesa izrađen je niz vodiča koji su testirani na probnim riječnim slivovima širom Europe u 2003. i 2004. godini. U novom Programu rada 2005./2006. četiri Radne skupine (Ekološko stanje, Integrirano upravljanje riječnim slivom, Podzemne vode i Izvještavanje) su nastavile rješavanje ključnih pitanja provedbe. Pored toga, nove skupine – „ODV i poljoprivreda“, „GIS“ i „Praćenje kemijskog stanja“ – razmjenjuju iskustva na ovom području, a nova mreža probnih riječnih slivova prati tehničke aktivnosti u svim radnim skupinama.

---

<sup>1</sup> Direktiva Europskoga parlamenta i Vijeća 2000/60/EC od 23. listopada 2000 kojom se uspostavlja okvir za djelovanje Zajednice na području politike voda (SL L 327, 22. prosinca 2000., str. 1.), dopunjena Odlukom Europskoga parlamenta i Vijeća 2455/2001/EC (SL L 331, 15. prosinca 2001., str. 1.).

## 1 SVRHA I OPSEG VODIČA

Ovaj je vodič izrađen kao odgovor na zadatak dobiven od Radne skupine za podzemne vode (Radna skupina C). Trebalo je izraditi praktične upute i tehničke specifikacije za praćenje (monitoring) podzemnih voda koje se temelje na postojećim vodičima o Okvirnoj direktivi o vodama (ODV)<sup>2</sup> i nadopunjuju ih. Ovaj je dokument usredotočen prvenstveno na zahtjeve ODV-a, a osobito na obveze navedene u njezinom članku 8. Uz to, ispunit će i zahtjeve direktive-kćeri o podzemnim vodama (usvojene krajem 2006.)<sup>3</sup>. Vodič je također jedan od elemenata aktivnosti praćenja kemijskih parametara prema ODV-u.

Ovaj dokument pruža upute o uspostavljanju programa praćenja podzemnih voda kako bi se ispunili zahtjevi ODV-a i nove Direktive o podzemnim vodama. Ti programi uključuju i praćenje količina i kemizma (kakvoće) radi procjene stanja i trendova i praćenje kao potporu karakterizaciji (podzemnih) vodnih cjelina i ciljevima zaštite područja namijenjenih zahvaćanju vode za piće.

Uspostavljanje kvalitetnih dugoročnih programa praćenja neophodno je ako se želi djelotvorna provedba ODV-a i direktive-kćeri o podzemnim vodama. Jasno je da praćenje zna biti vrlo skupo, tako da ovdje predstavljene upute imaju za cilj uspostavljanje isplativog, na rizicima utemeljenog i ciljanog praćenja podzemnih voda širom Europe kako bi se ispunili ciljevi ODV-a. No, nedostatna ulaganja u praćenje, uključujući mrežnu infrastrukturu i kakvoću i upravljanje podacima, rezultirat će znatnim rizikom od neispunjavanja ciljeva zaštite okoliša predviđenih ODV-om.

Ovdje iznesene preporuke pomoći će u provedbi dosljednog praćenja širom Europe. Ovaj vodič sadrži korisne elemente za izradu i održavanje mreža na visokoj razini, čime se pružaju informacije potrebne za ocjenu stanja (podzemnih) voda, utvrđivanje trendova u koncentraciji onečišćujućih tvari, potporu uspostavljanju i ocjeni programa mjera i isplativu namjenu ekonomskih resursa.

---

<sup>2</sup> Vodič br. 2: Identificiranje vodnih cjelina (2003.)

Vodič br. 3: Analiza učinaka i pritisaka – Radna skupina 2.1 IMPRESS (2003)

Vodič br. 7: Praćenje prema Okvirnoj direktivi o vodama – RS 2.7 Praćenje (2003)

Tehničko izvješće br. 1: Statistički aspekti utvrđivanja trendova onečišćenja podzemnih voda i cjelovit prikaz rezultata monitoringa – RS 2.8 Statistički podaci (2001)

Aktivnost praćenja kemijskih parametara

Tehničko izvješće o monitoringu podzemnih voda (izvješće s radionice od 25. lipnja 2004.)

Upute EK o praćenju za Direktivu o nitratima

Vodič EUROWATERNET-a (Tehničko izvješće br. 7, EEA, 1999)

Vodič o praćenju i procjeni prekograničnih podzemnih voda (UN-ECE)

<sup>3</sup> Direktiva Europskoga parlamenta i Vijeća o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i propadanja (usvojena u prosincu 2006.)

## 2 POZADINA

Člankom 8. ODV-a propisuje se uspostava programa za praćenje podzemnih voda. Praćenje podzemnih voda prema ODV-u usmjereno je prvenstveno na cjelinu podzemnih voda, ali se bavi i općenitim upravljanjem vodnim područjem i ostvarivanjem ciljeva zaštite okoliša.

Programi praćenja podzemnih voda moraju pružiti informacije potrebne za procjenu jesu li ispunjeni relevantni ciljevi zaštite okoliša predviđeni člankom 4., a osobito oni vezani uz procjenu količinskog stanja podzemnih voda, kemijskog stanja podzemnih voda i značajnih dugoročnih trendova u prirodnim uvjetima i trendova u cjelinama podzemnih voda koji su rezultat ljudskih aktivnosti. Pored toga, možda će ih biti potrebno dopuniti dodatnim programima praćenja kako bi se ispunili zahtjevi relevantni za zaštićena područja (npr. zaštićena područja vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju) i podržalo vrednovanje postupaka karakterizacije i procjene rizika predviđenih člankom 5. Programi koji ispunjavaju te zahtjeve moraju stupiti na snagu najkasnije do 22. prosinca 2006. godine.

U Dodatku V (2.2 i 2.4) i Dodatku II (2.3) ODV-a navedeni su zahtjevi za različite programe praćenja podzemnih voda, koji moraju uključivati:

- **mrežu praćenja količinskog stanja** kako bi se dopunio i vrednovao postupak karakterizacije i procjene rizika iz članka 5. vezan uz rizike neispunjavanja dobrog količinskog stanja podzemnih voda u svim cjelinama podzemnih voda i skupinama cjelina. Dakle, njezina je glavna svrha olakšati procjenu količinskog stanja.
- **mrežu nadzornog monitoringa** radi: (a) dopune i vrednovanja postupka karakterizacije i procjene rizika iz članka 5. vezanog uz rizike neispunjavanja dobrog kemijskog stanja podzemnih voda, (b) pružanja informacija koje bi se koristile u procjeni dugoročnih trendova u prirodnim uvjetima i u koncentracijama onečišćujućih tvari koje su rezultat ljudskih aktivnosti, te (c) utvrđivanja potrebe za operativnim monitoringom, zajedno s procjenom rizika.
- **mrežu operativnog monitoringa** radi: (a) određivanja stanja svih cjelina podzemnih voda ili skupina cjelina za koje je utvrđeno da su „pod rizikom“ i (b) određivanja prisutnosti značajnih i ustrajnih uzlaznih trendova u koncentraciji onečišćujućih tvari.
- odgovarajući monitoring kao podršku ostvarivanju ciljeva zaštite područja namijenjenih za zahvaćanje vode za piće.

Rezultati monitoringa moraju se koristiti za:

- određivanje kemijskog i količinskog stanja cjelina podzemnih voda (uključujući procjenu raspoloživih zaliha podzemnih voda),
- pomoć u daljnjoj karakterizaciji cjelina podzemnih voda,
- vrednovanje procjene rizika provedene prema članku 5.,
- ocjenu smjera i brzine toka u cjelinama podzemnih voda koje prelaze granice država članica EU-a,
- pomoć u izradi programa mjera,
- ocjenu učinkovitosti programa mjera,
- demonstriranje usklađenosti s ciljevima zaštite vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju i ciljevima zaštite drugih zaštićenih područja,
- karakteriziranje prirodne kakvoće podzemnih voda, uključujući prirodne trendove (polazne vrijednosti), te
- utvrđivanje ljudskim aktivnostima potaknutih trendova u koncentraciji onečišćujućih tvari i njihovog preokretanja.

Posebne se odredbe odnose na one cjeline podzemnih voda koje prelaze granicu između dviju ili više država članica EU-a. Trebalo bi donijeti bilateralni sporazum o strategijama praćenja, što zahtijeva usklađivanje razvoja konceptualnog modela, razmjenu podataka i aspekte ocjene kakvoće i kontrole kakvoće (u skladu sa zahtjevima članka 13(2) ODV-a). Odredbe o nadzornom monitoringu zahtijevaju da se u prekograničnim cjelinama podzemnih voda motre oni pokazatelji koji su relevantni za zaštitu svih oblika korištenja voda koje podržavaju podzemni tokovi.

U tabeli 1 nalazi se pregled ciljeva za svaki program praćenja detaljno opisan u ovom vodiču.

ODV propisuje da se nadzorni monitoring mora provoditi tijekom svakog planskog ciklusa, a operativni monitoring tijekom razdoblja koja nisu pokrivena nadzornim monitoringom. Za nadzorni program nije definirano minimalno trajanje ili učestalost. Operativni se monitoring mora provoditi najmanje jednom godišnje u razdobljima između nadzornog monitoringa. Države članice trebaju provesti dovoljno nadzornog monitoringa tijekom svakog planskog razdoblja kako bi se omogućilo odgovarajuće vrednovanje procjena rizika predviđenih člankom 5. i kako bi se dobile informacije koje bi se koristile u procjeni trendova, te dovoljno

operativnog monitoringa kako bi se utvrdilo stanje vodnih cjelina pod rizikom i prisutnost značajnih i ustrajnih uzlaznih trendova u koncentraciji onečišćujućih tvari.

Tabela 1: Pregled odnosa između ciljeva monitoringa za svaki program monitoringa definiran ODV-om i direktive-kćeri o podzemnim vodama

Cilj(evi) monitoringa	Programi monitoringa utvrđeni ODV-om			Monitoring zaštićenih vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju	Praćenje mjera prevencije i ograničavanja unosa onečišćenja
	Praćenje količina	Nadzorni monitoring	Operativni monitoring		
Odjeljak dokumenta u kojemu se nalaze detalji o monitoringu	Odjeljak 5	Odjeljak 4.1	Odjeljak 4.2	Odjeljak 6	Odjeljak 7
Dopuniti i vrednovati procjenu rizika (početna i daljnja karakterizacija)	✓	✓	(✓ <sup>1</sup> )		✓
Identificirati prodore slane vode ili druge prodore nastale kao rezultat koji su rezultat promjena toka unutar cjeline podzemne vode	✓	✓	✓		
Procijeniti trendove kemijskog stanja u prirodnim uvjetima		✓			
Procijeniti trendove kemijskog stanja prouzročene ljudskom aktivnošću		✓	✓	✓	
Prekogranične cjeline podzemnih voda	✓	✓			
Procjena stanja – određivanje stanja cjelina koje su „pod rizikom“	✓		✓	✓ <sup>2</sup>	
Procjena stanja – potvrda da cjeline koje „nisu pod rizikom“ imaju dobro stanje	✓	✓		✓ <sup>2</sup>	
Procijeniti djelotvornost programa mjera	✓		✓	✓	✓

<sup>1</sup>) Rezultati će poduprijeti karakterizaciju u budućim ciklusima planova upravljanja riječnim slivom.

<sup>2</sup>) Pretpostavlja se da će nova Direktiva o podzemnim vodama zahtijevati da ciljevi propisani za zaštitu vodnih cjelina koje se koriste za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju budu ispunjeni za dobro stanje.

### 3 OPĆA NAČELA

Programi praćenja (monitoringa) moraju pružiti informacije potrebne za procjenu hoće li se ispuniti ciljevi zaštite okoliša propisani ODV-om. To znači da je za izradu učinkovitih programa praćenja nužno jasno razumjeti uvjete u okolišu potrebne za ostvarivanje ciljeva i kako na njih mogu djelovati ljudske aktivnosti. Programi praćenja bi stoga trebali biti izrađeni na temelju rezultata postupka karakterizacije i procjene rizika iz članka 5. i **konceptualnog modela/razumijevanja** sustava podzemnih voda u kojemu je poznata opća shema „prihranjivanje-putovanje-ispuštanje“. Detalji i važnost takvih modela su već navedeni u relevantnim vodičima CIS-a<sup>4</sup>. U poglavlju 3.1 navedena su načela i odnos tog modela s programom praćenja.

Razmatranje načela opisanih u ovom vodiču trebalo bi omogućiti uspostavljanje mreže praćenja koja je **reprezentativna** za cjelinu podzemnih voda. Količina potrebnog monitoringa (broj točaka monitoringa i učestalost uzorkovanja) bit će proporcionalna (a) težini u ocjenjivanju stanja cjeline podzemnih voda, (b) prisutnosti negativnih trendova i (c) implikacijama pogrešaka u takvim ocjenama, osobito vezano uz uspostavljanje programa mjera.

Valja napomenuti da je namjena programa praćenja prema ODV-u usredotočiti se na pojave koje djeluju na **opće stanje cjeline podzemnih voda**. Onečišćenja lokalnih razmjera koja ne djeluju na opće stanje cjeline podzemnih voda trebaju biti cilj različitih aktivnosti praćenja koje provode odgovarajuća nadležna tijela (npr. regulatorno, lokalno tijelo itd.) odgovorna za relevantne pravne odredbe. Takvi lokalni učinci nisu relevantni na razini cjeline podzemnih voda, osim ako njihov razvoj u vremenu i prostoru ne ugrožava ciljeve zaštite okoliša za cjelinu podzemnih voda. Oni, međutim, mogu biti relevantni u pogledu procjena povezanih s mjerama prevencije/ograničenja unosa onečišćenja iz članka 11. ODV-a i članka 6. direktive-kćeri o podzemnim vodama, a koje su predmet zasebnog vodiča.

Korištenje pojma „cjelina podzemne vode“ mora se razumjeti u kontekstu hijerarhije relevantnih definicija iz članka 2. ODV-a. Sukladno tome, pojam *cjelina podzemne vode* označava određenu količinu podzemnih voda u vodonosniku ili vodonosnicima. Pojam *podzemne vode* označava sve vode ispod površine tla u zoni saturacije i u izravnom dodiru s tlom ili podtlom. Pojam *vodonosnik* označava potpovršinski sloj ili slojeve stijena ili drugih

---

<sup>4</sup> Vodič br. 3: Analiza učinaka i pritisaka – Radna skupina 2.1 IMPRESS (2003)  
Vodič br. 7: Praćenje prema Okvirnoj direktivi o vodama – RS 2.7 Monitoring (2003)

geoloških naslaga dovoljne poroznosti i propusnosti da omogućuju znatan protok podzemnih voda ili zahvaćanje znatnih količina podzemnih voda. Nadalje, **cjeline podzemnih voda mogu se grupirati**, na primjer za potrebe praćenja.

Pri izradi mreže monitoringa trebalo bi uzeti u obzir **trodimenzionalnu** prirodu sustava podzemnih voda i **prostornu i vremensku varijabilnost**, osobito pri određivanju lokacija monitoringa i odabiru odgovarajućih tipova lokacija monitoringa. Prostorna i vremenska gustoća mreže mora biti takva da uzima u obzir prirodne karakteristike cjeline podzemnih voda (konceptualno razumijevanje) i rizike onečišćenja, kako bi se pomoglo da se aktivnosti monitoringa usredotoče na područja na kojima postoje znatni pritisci u kombinaciji s većom osjetljivošću.

Kako bi se pridonijelo trodimenzionalnoj reprezentativnoj mreži monitoringa nužno je napredno konceptualno razumijevanje hidrogeoloških karakteristika i pritisaka, osobito ondje gdje postoje dokazi o znatnoj vertikalnoj varijaciji u karakteristikama vodonosnika i stratifikaciji kakvoće podzemnih voda.

**Odabir/Lokacija** odgovarajućih točaka uzorkovanja i odabir odgovarajuće gustoće točaka uzorkovanja trebaju se temeljiti na konceptualnom razumijevanju (hidrogeološke karakteristike i pritisci), a može mu se pomoći korištenjem postojećih informacija, poput:

- postojećih podataka o kakvoći i/ili količini (dužina, učestalost, raspon parametara),
- karakteristike građe postojećih lokacija i režim zahvaćanja,
- prostorna raspodjela postojećih lokacija u usporedbi s rasponom cjeline podzemnih voda, te
- praktična razmatranja vezana uz lagan i dugoročan pristup, sigurnost i zdravlje.

Odabir odgovarajućih **tipova lokacija** monitoringa unutar mreže monitoringa na razini cjeline podzemnih voda treba se temeljiti na razumijevanju ciljeva monitoringa i razumijevanju (konceptualnom ili nekom drugom) vremena putovanja i/ili starosti podzemnih voda koje se obično uzorkuju na lokaciji. To se razumijevanje može poboljšati određivanjem starosti podzemnih voda gdje je to prikladno.

Detaljne informacije o lokaciji trebale bi biti dostupne i rutinski pregledavane. Te bi se informacije trebale koristiti za procjenu prikladnosti lokacije koja će se koristiti u relevantnom programu monitoringa. Elementi za karakteriziranje lokacija uzorkovanja sažeti

su u Prilogu 2, a prednosti i nedostaci različitih objekata/točaka monitoringa (tipovi i korištenja) u Prilogu 3.

**Integrirani monitoring** znatno će pridonijeti ekonomičnom monitoringu koristeći na najbolji mogući način odgovarajuće komponente postojećih mreža monitoringa koje služe različitim ciljevima, te izradom i vođenjem cjelovitih mreža monitoringa podzemnih i površinskih voda.

### 3.1 KONCEPTUALNI MODELI KAO OSNOVA ZA MONITORING

Konceptualni modeli/razumijevanje su pojednostavljeni prikazi ili radni opisi hidrogeološkog sustava koji se istražuje. Njihova izrada je temelj velike količine posla koji se obavlja kao dio procesa karakterizacije. S povećavanjem količine dostupnih informacija o okolišu i povjerenja u njih povećava se i točnost i složenost modela, tako da oni postaju učinkovitiji i pouzdaniji opisi sustava.

Konceptualni će model predstavljati trenutno razumijevanje sustava podzemnih voda temeljenog na poznavanju njegovih prirodnih karakteristika (npr. tip vodonosnika, trodimenzionalna struktura, dinamika i granični uvjeti), uočenih pritisaka i poznavanja učinaka.

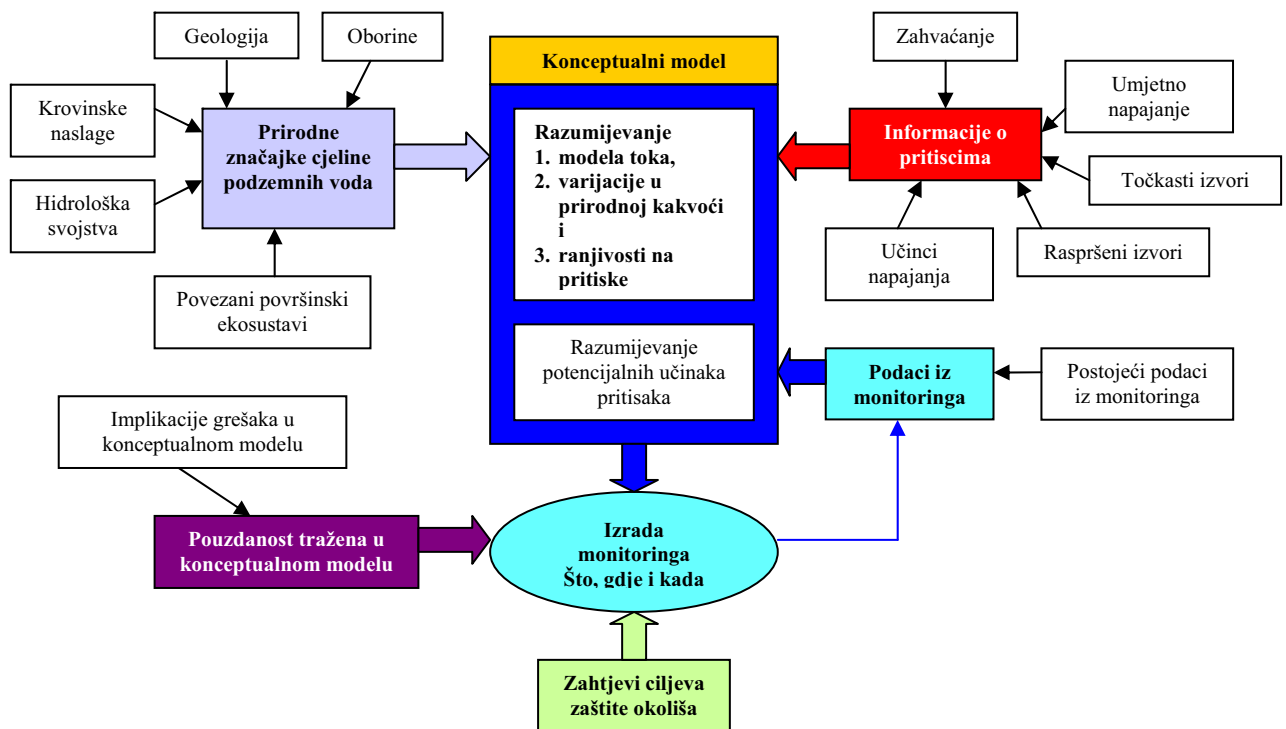
U ovom se dokumentu koriste dva tipa konceptualnog modela/razumijevanja:

- regionalni konceptualni model – razumijevanje faktora na razini cjeline podzemnih voda kojim se utvrđuje potreba uspostavljanja mreže/točke monitoringa i kako će se podaci koristiti,
- lokalni konceptualni model – razumijevanje lokalnih faktora koji utječu na ponašanje pojedinih točaka monitoringa i u smislu kemijskog i količinskog stanja.

Unutar (međunarodnih) riječnih slivova mogu se javiti i javljaju se velike razlike u geokemijskim i hidrogeološkim značajkama cjelina podzemnih voda. Stoga se konceptualni modeli mogu razlikovati među regijama unutar (međunarodnog) riječnog sliva. Regionalnim konceptualnim modelom/razumijevanjem utvrdit će se specifični zahtjevi za uspostavljanje mreže monitoringa i razine monitoringa, u smislu broja lokacija, gustoće lokacija i učestalosti monitoringa. Ovaj će model/razumijevanje biti usklađen/o s onim izrađenim i korištenim kao dio procesa karakterizacije i procjene rizika.

Na slici 3.1 prikazana su načela i odnos modela prema programu monitoringa





Slika 3.1: Veza između konceptualnog modela/razumijevanja i monitoringa (preuzeto iz CIS Radna skupina 2.7 Praćenje)

Odabir točaka monitoringa podzemnih voda zahtijeva i poznavanje lokalnih faktora koji djeluju na ponašanje točke monitoringa. Na taj se način može procijeniti prikladnost te točke za pružanje reprezentativnih informacija i podataka za potporu ciljevima programa monitoringa. Ovo konceptualno razumijevanje je ključno za učinkovito funkcioniranje programa monitoringa.

Pri razvijanju lokalnog konceptualnog razumijevanja potrebne su informacije o lokalnim hidrogeološkim uvjetima i uvjetima u okolišu, uključujući:

- pojedinosti o građi točke monitoringa,
- hidrogeološki ambijent,
- razumijevanje izvora i modela napajanja
- model lokalnog toka podzemnih voda unutar slivnog područja,
- učinke crpljenja
- postojeće hidrokemijske podatke,
- približnu veličinu slivnog područja,

- korištenje prostora i pritiske unutar slivnog područja.

Informacije o vremenu putovanja i/ili raspodjeli starosti podzemnih voda mogu biti vrlo koristan doprinos konceptualnom modelu/razumijevanju, kao i za vrednovanje modela. Podaci dobiveni iz programa monitoringa predviđenih ODV-om trebaju se koristiti za testiranje, vrednovanje i doradu konceptualnog/konceptualnih modela. Taj bi proces trebalo pokrenuti prije nego što budu dostupni prvi podaci, a treba trajati sve dok postoji odgovarajuće povjerenje u pouzdanost modela. Testiranje može uključivati korištenje konceptualnog modela i izmjerenih kemijskih vrijednosti i/ili razine vode za predviđanje uvjeta na lokacijama unutar cjeline podzemnih voda koje se ne motre, te potom uvođenje monitoringa kako bi se predviđanja provjerila radi potvrde modela ili utvrđivanja potrebne dorade.

Pored pomoći u izradi mreže monitoringa, konceptualni je model izrazito važan i za razumijevanje i tumačenje podataka monitoringa.

### **3.2 TIPOVI VODONOSNIKA**

Neophodan dio konceptualnog modela/razumijevanja je analiza različitih tipova vodonosnika. Širom Europe nalazi se čitav niz hidrogeoloških ambijenata i tipova vodonosnika. Takva varijacija ima snažne implikacije za prikladnost različitih tipova opreme za uzorkovanje i za to koliko učinkovito oni odražavaju promjene u sustavima podzemnih voda, te se izrada monitoringa treba tome prilagoditi.

Prije određivanja najprikladnijeg načina praćenja za sve cjeline podzemnih voda potrebno je razmotriti karakteristike slojeva koji čine vodonosnike s obzirom na puteve tečenja i mehanizme tečenja, pohranu, debljinu nezasićene zone, prihranjivanje i istjecanje podzemnih voda. Ključni faktori u tom pogledu su raspon cjeline podzemnih voda, odnosno postoje li lokalni i brzi putevi tečenja ili mnogo duži i sporiji regionalni putevi, te priroda geološkog materijala, osobito teku li podzemne vode pretežno kroz međuzrnske prostore između zrnaca sedimentnih stijena ili kroz pukotine u konsolidiranim stijenama.

Stoga je potrebno jasno razumjeti što svaka točka monitoringa predstavlja za cjelinu podzemnih voda u kojoj se nalazi, kao i vrijeme reakcije podzemnih voda i na pritiske kojima su izložene i na mjere za kontroliranje njihovih učinaka.

U Prilogu 1 sažet je raspon vodonosnika širom Europe i raspon vjerojatnih vremena reakcije.

### 3.3 GRUPIRANJE CJELINA PODZEMNIH VODA

Prema prijedlogu iz Vodiča za identificiranje vodnih cjelina<sup>5</sup> izrađenog u sklopu Zajedničke strategije provedbe, cjeline podzemnih voda mogu se grupirati za potrebe monitoringa pod uvjetom da informacije dobivene monitoringom daju pouzdanu procjenu stanja svake cjeline u grupi potvrdu svakog znatnog uzlaznog trenda u koncentraciji onečišćujućih tvari.

Pri grupiranju cjelina podzemnih voda programi monitoringa moraju biti izrađeni i vođeni tako da osiguraju pouzdano ostvarivanje ciljeva zaštite okoliša i ciljeva monitoringa za svaku od cjelina koje čine grupu.

Kada se na temelju procesa pregleda propisanog člankom 5. utvrdi da cjeline podzemnih voda **nisu pod rizikom**, cjeline se mogu grupirati ako su dovoljno slične u pogledu karakteristika vodonosnika, podložnosti puteva, pritiska/pritisaka i povjerenja u procjenu/procjene rizika.

Prilikom grupiranja:

- cjeline ne moraju nužno biti susjedne jedna drugoj,
- točka monitoringa nije potrebna u svakoj od cjelina unutar grupe pod uvjetom da ukupni monitoring u čitavoj grupi bude dovoljan kako bi se ispunili zahtjevi operativnog monitoringa, nadzornog monitoringa, monitoringa količinskog stanja ili monitoringa zaštićenog područja, već prema potrebi.

Kada se na temelju procesa pregleda propisanog člankom 5. utvrdi da su cjeline podzemnih voda **pod rizikom**, cjeline se mogu grupirati ako su dovoljno slične u pogledu karakteristika vodonosnika, ranjivosti vodonosnika, pritiska/pritisaka i pouzdanosti procjene rizika.

Prilikom grupiranja:

- cjeline moraju biti susjedne jedna drugoj, osim u iznimnim slučajevima (npr. brojne male usporedive cjeline podzemnih voda, otoci),
- preporučuje se da se u svakoj sastavnoj cjelini nalazi barem jedna točka monitoringa za određivanje odnosa između cjelina. Međutim, broj točaka monitoringa ovisit će o karakteristikama vodonosnika, ranjivosti, pritisku/pritiscima i povjerenju u procjenu/procjene rizika,
- operativni monitoring može biti koncentriran na jednu ili više sastavnih cjelina odabranih na temelju konceptualnog modela, npr. najosjetljivije tijelo (tijela). Svrha

---

<sup>5</sup> Vodič br. 2: Identifikacija vodnih cjelina (2003.)

ovog monitoringa prema prioritetima je pružiti isplativo ciljano praćenje stanja okoliša.

### 3.4 INTEGRIRANO PRAĆENJE

ODV promatra vodeni okoliš kao kontinuum. To se odražava u definiciji stanja podzemnih voda i kroz priznavanje uloge podzemnih voda u održavanju toka, kakvoće i ekološkog stanja ovisnih površinskih voda i obrnuto. Stoga bi monitoring, pored pregleda raširenosti zagađivala u cjelini podzemnih voda, trebao moći pružiti uvid i procjenu vezane uz podzemne tokove između cjelina podzemnih voda i cjelina površinskih voda i između cjelina podzemnih voda i kopnenih ekosustava. Opseg ovog monitoringa ovisit će o značaju ovisnosti cjelina površinskih voda i/ili kopnenih ekosustava o površinskim vodama i opsegu rizika.

Programi monitoringa za površinske vode i podzemne vode trebali bi stoga biti izrađeni i vođeni na integriran način kada ciljevi zaštite okoliša za površinske i podzemne vode ovise jedni o drugima. Površinske vode s velikim udjelom protoka na račun podzemnih voda mogu se koristiti kao indikacija kakvoće podzemnih voda, a podaci motrenja cjelina površinskih voda mogu pratiti procjenu stanja cjeline podzemnih voda. U mnogim slučajevima točna lokacija točke uzorkovanja površinskih voda, npr. u blizini točke istjecanja iz vodonosnika, može funkcionirati kao točka motrenja za oba programa.

Povezivanje raspoloživih zdenaca i izvora koji se već koriste za druge svrhe (monitoring ili zahvaćanje) ima nekoliko prednosti budući da pridonosi reprezentativnom odrazu stanja podzemnih voda. Može znatno pridonijeti i ekonomičnom monitoringu, no mora se pažljivo provesti kako bi se izbjegla pristranost. Bušotine koje su u redovitoj funkciji imaju tu prednost da zahtijevaju manje čišćenja prije uzorkovanja. Međutim, mreža kojom dominiraju zahvati vode za piće ne mora na odgovarajući način odražavati opću kakvoću podzemnih voda u čitavoj cjelini, zato jer se oni često nalaze na lokacijama gdje su podzemne vode dobre kakvoće, npr. daleko od područja prihranjivanja, ili se voda zahvaća jedino iz dubljih dijelova vodonosnika. Važno je napomenuti da kada se za monitoring koriste mjesta zahvaćanja vode za piće, potrebno je uzorkovati i analizirati kakvoću sirove vode. Reprezentativna mreža monitoringa bi se u idealnom slučaju trebala temeljiti na uravnoteženoj kombinaciji različitih tipova mjesta uzorkovanja kao i korištenja lokacija monitoringa. U Prilogu 3 sažeto su prikazane prednosti i nedostaci različitih točaka (tipova i korištenja) monitoringa.

### 3.5 PREGLED I AŽURIRANJE MREŽE

Paralelno s doradom konceptualnog modela i boljim razumijevanjem hidrogeologije i hidrokemije sustava podzemnih voda, dizajn mreže trebao bi se prema potrebi pregledati i prilagoditi. Rezultate monitoringa dobivenih iz mreže treba redovito interpretirati, a mrežu monitoringa i njezin rad pregledavati barem jednom svakih šest godina, no idealno bi bilo da to bude češće.

Pri ažuriranju mreže trebalo bi uzeti u obzir opažene varijacije u prirodnim procesima i/ili antropogenim učincima koji djeluju na kakvoću i količinu podzemnih voda, trendove i pojave. S jačanjem saznanja to se može promatrati kao proces optimiziranja mreže. Mrežu bi trebalo pregledati i ažurirati svaki put kada se čimbenici koji djeluju na opažene pojave značajno promijene, a pri tome treba uzeti u obzir vjerojatna vremena reakcije vodonosnika u odnosu na očekivanu starost podzemnih voda koje se uzorkuju.

Međutim, prilikom ažuriranja mreže važno je ne zaboraviti da će uklanjanje lokacije monitoringa iz mreže dovesti do mogućeg gubitka korisnih informacija i da je, kako bi se točno procijenili trendovi, važno nastaviti provoditi uzorkovanja na lokacijama s dugim vremenskim serijama. Lakše je dodati lokaciju nego je ukloniti. Važno je i čuvati podatke za lokacije uklonjene iz mreže kako bi se omogućila kontrola i pregled ranijih odluka/planova upravljanja donesenih na temelju tih podataka.

Uklanjanje lokacije iz mreže može također dovesti do pristranosti. Sve promjene u mreži moraju biti procijenjene u pogledu učinka na informacije koje se dobivaju iz programa monitoringa i odluke koje se donose.

## 4 PRAĆENJE KEMIJSKOG STANJA I TRENDOVA

Programi praćenja podzemnih voda moraju dati cjelovit i sveobuhvatan pregled stanja voda za svaki riječni sliv, utvrditi postojanje dugoročnih trendova u koncentraciji onečišćujućih tvari potaknutih ljudskim aktivnostima, te osigurati usklađenost s ciljevima zaštićenog područja. Kao što je naglašeno u direktivi-kćeri o podzemnim vodama, pouzdane i usporedive metode za praćenje podzemnih voda važno su oruđe za procjenu kakvoće podzemnih voda (a primjenjivo je i na količinu).

Cjelina podzemnih voda će imati dobro kemijsko stanje ako su ispunjeni sljedeći kriteriji:

- *Opća kakvoća vode:* Koncentracije zagađivala ne smiju premašiti primjenjive granice standarda kakvoće utvrđene drugim relevantnim propisima Zajednice u skladu sa člankom 17.
- *Učinci na ekosustave:* Koncentracija zagađivala ne smije biti takva da dovede do neispunjavanja ciljeva zaštite okoliša iz članka 4. povezanih sa površinskim vodama za iste ili značajnog smanjenja ekološke ili kemijske kakvoće takvih cjelina, niti do značajnije štete po kopnene ekosustave koji izravno ovise o cjelini podzemnih voda.
- *Prodor slane vode:* Koncentracije zagađivala ne smiju pokazivati učinke prodora slane vode ili drugih prodora koji se mjere promjenama u električnoj vodljivosti.

ODV zahtijeva uspostavljanje i nadzornih i operativnih programa kako bi se dobile informacije potrebne za procjenu kemijskog stanja i identificiranje i praćenje kretanja zagađivala.

Programi monitoringa namijenjeni za zaštićena područja obrađeni su u odjeljku 6, a za sprečavanje i ograničavanje unosa onečišćenja u odjeljku 7.

### 4.1 IZRADA PROGRAMA NADZORNOG MONITORINGA

Nadzorni monitoring usredotočen je na cjelinu podzemnih voda. Programom „nadzornog monitoringa“ mora se:

- *vrednovati procjena rizika:* dopuniti i vrednovati postupak karakterizacije i procjene rizika u odnosu na rizike neostvarivanja dobrog kemijskog stanja podzemnih voda,
- *klasificirati cjeline podzemnih voda:* potvrditi stanje cjelina podzemnih voda ili grupe cjelina za koje je na temelju procjene rizika utvrđeno da nisu pod rizikom, te

- *procijeniti trendove*: pružiti informacije za procjenu dugoročnih trendova u prirodnim uvjetima i u koncentracijama onečišćujućih tvari koje su posljedica ljudskih aktivnosti.

Nadzorni je monitoring potreban u cjelinama ili grupi cjelina i koje jesu pod rizikom i koje nisu pod rizikom ostvarivanja ciljeva ODV-a. Program se mora provoditi tijekom svakog ciklusa upravljanja riječnim slivom, neovisno o tome je li cjelina (ili skupina cjelina) podzemnih voda pod rizikom.

Nadzorni bi monitoring trebalo provoditi u svakom planskom razdoblju i u onolikoj mjeri koliko je potrebno kako bi se na odgovarajući način dopunio i vrednovao postupak procjene rizika za svaku cjelinu ili grupe cjelina podzemnih voda.

Program nadzornog monitoringa bit će koristan i za definiranje prirodnih temeljnih razina (kako je definirano u direktivi-kćeri o podzemnim vodama) i karakteristika unutar cjeline podzemnih voda. To će omogućiti da budu procijenjene buduće promjene u uvjetima, dobiveni referentni podaci i istražene tipologije. Te će informacije biti korisne za karakteriziranje prekograničnih vodnih cjelina i kao temelj za izradu izvješća širom Europe.

Pri izradi programa nadzornog monitoringa mora se definirati traženo povjerenje u rezultate monitoringa kako bi se ostvarilo dovoljno povjerenje u procjenu. Traženo povjerenje u nadzorni monitoring ovisi o varijabilnost značajki podzemne vode ili vodonosnika u pitanju. U načelu, nesigurnost iz procesa monitoringa ne bi trebala znatnije pridonijeti varijabilnosti podataka monitoringa.

Trebalo bi utvrditi i prihvatljiv rizik neutvrđivanja novog pritiska onečišćenja ili promjene trenda, a ta bi se informacija trebala koristiti pri određivanju ciljeva monitoringa, vođenju programa monitoringa i procjeni kakvoće i varijabilnosti podataka.

#### **4.1.1 Odabir pokazatelja nadzornog monitoringa**

Preporučena skupina glavnih pokazatelja uključuje otopljeni kisik, pH vrijednost, električnu vodljivost, nitrate, amonijak, temperaturu i skupinu glavnih iona i iona u tragovima. Pokazatelji kao što su temperatura i skupina glavnih iona i iona u tragovima nisu formalno propisani ODV-om, ali mogu poslužiti pri vrednovanju procjene rizika iz članka 5. i konceptualnih modela. Selektivni pokazatelji (npr. teške kovine i relevantni osnovni radionuklidi) bit će potrebni za procjenu prirodnih temeljnih razina.

Povremeno će biti potrebni dodatni pokazatelji ljudskom djelatnošću uzrokovanih zagađivala tipičnih za aktivnosti korištenja prostora i s mogućnošću učinka na podzemne vode (vidjeti

niže) radi dodatnog vrednovanja procjene rizika predviđene ODV-om i provjere novoutvrđenog pritiska.

Uz to, na svim se lokacijama preporučuje motrenje razina voda kako bi se opisalo (i tumačilo) „fizičko stanje lokacije“ i tumačile (sezonske) varijacije ili trendovi (kretanja) u kemijskom sastavu podzemnih voda.

Dodatne informacije o skupini glavnih i selektivnih pokazatelja nalaze se u Prilogu 3.

#### **4.1.2 Odabir reprezentativnih lokacija nadzornog monitoringa**

Odabir lokacija uzorkovanja i njihovo funkcioniranje od velike je važnosti za rezultate kasnijeg postupka procjene, osobito stoga što su zagađivala često neravnomjerno raspoređena u cjelini podzemnih voda. Prostorni raspored zagađivala povezan je s lokacijom različitih pritisaka, npr. točkastih i raspršenih izvora (različiti oblici korištenja prostora). Uz to, cjelina podzemnih voda je trodimenzionalna i koncentracija zagađivala može znatno varirati u vertikalnom i lateralnom smjeru. Uobičajene varijacije hidrodinamičnih i hidrogeokemijskih karakteristika u cjelini podzemnih voda mogu imati znatan učinak na pokazatelj specifičan za širenje zagađivala i treba ih uzeti u obzir pri odabiru lokacija monitoringa. Nadalje, fizičko-kemijski pokazatelji (npr. električna vodljivost, temperatura i koncentracije zagađivala) u plitkim vodonosnicima ponekad pokazuju izrazitu varijaciju tijekom godine.

Proces odabira trebao bi se temeljiti na tri glavna čimbenika:

- konceptualni model (modeli) koji uključuje (uključuju) procjenu hidroloških, hidrogeoloških i hidrokemijskih karakteristika cjeline podzemnih voda, uključujući karakteristična vremena putovanja, rasprostranjenost različitih tipova korištenja prostora (npr. naselje, industrija, šuma, pašnjak/obrađiva zemlja), ranjivosti, podložnost recipijenta, te postojeći podaci o kakvoći,
- procjena rizika i pouzdanost procjene, uključujući distribuciju glavnih pritisaka<sup>6</sup>, te
- praktična razmatranja vezana uz prikladnost pojedinih točaka uzorkovanja (vidjeti Prilog 3). Lokacijama se mora moći lako pristupiti, moraju biti sigurne i mora postojati dogovor o dugoročnom pristupu.

---

<sup>6</sup> Valja napomenuti da procjena rizika – provedena prema članku 5. ODV-a – i identifikacija ključnih pritisaka trebaju omogućiti identifikaciju specifičnih onečišćujućih tvari koje pridonose određivanju cjelina podzemnih voda kao „pod rizikom“. Prema novoj Direktivi o podzemnim vodama, bit će potrebno razmotriti određivanje graničnih vrijednosti (standarda kakvoće podzemnih voda) za te tvari do kraja 2008. Stoga trebaju biti razmotreni u popisu pokazatelja koji će se pratiti.



Učinkovita mreža monitoringa bit će ona u kojoj se na lokacijama mogu motriti potencijalni učinci identificiranih pritisaka i evolucija kakvoće podzemnih voda na putevima tečenja unutar cjeline.

Kada se pitanja rizika odnose na specifične recipijente poput ekosustava, na područjima koja se nalaze blizu tih recipijenata mogu se uspostaviti dodatne točke uzorkovanja. U tim slučajevima, kada je lokacija pritisaka (točkasti izvori) dobro poznata, točke uzorkovanja će se često koristiti kao pomoć pri izoliranju učinaka različitih tipova pritisaka, procjeni prostornog raspona učinaka i određivanju sudbine i prijenosa zagađivala između pritiska i recipijenta. U nekim slučajevima to može uključivati korištenje višerazinske opreme za uzorkovanje premda, kako je navedeno u Prilogu 3, takva oprema može biti vrlo skupa.

Faktori za odabir lokacije moraju se procijeniti na temelju svake pojedine lokacije, no sljedeća su načela ključna:

- *Prikladni tipovi lokacija:* Odabir se treba temeljiti na regionalnom konceptualnom modelu cjelina podzemnih voda (ili grupu cjelina) i pregledu postojećih lokacija monitoringa, kao i mogućih lokacija, lokalnom konceptualnom modelu. Samim nadzornim monitoringom nije nužno izolirati učinak pojedinih pritisaka i djelotvornost programa mjera, no trebao bi se dobiti pregled kakvoće vode u cjelini podzemnih voda ili skupini cjelina podzemnih voda. Veliki zahvati i izvori mogu stoga pružiti prikladne lokacije za uzorkovanje, budući da crpe vodu iz velikog područja i vodonosnika velikog opsega, osobito u homogenim sustavima. Izvori se osobito preporučuju u krškim vodonosnicima ili plitkim vodonosnicima u kojima dominira tečenje kroz pukotine. Međutim, u idealnom bi se slučaju reprezentativna mreža monitoringa temeljila na uravnoteženoj kombinaciji različitih tipova i načina korištenja lokacija uzorkovanja (npr. zahvaćanje, monitoring itd.). U nekim hidrogeološkim sustavima gdje podzemne vode znatno pridonose osnovnom toku površinskih voda uzorkovanjem površinskih voda može se dobiti reprezentativni uzorak podzemnih voda.
- *Reprezentativnost:* U nekim vodonosnim sustavima može doći do stratifikacije. U tom slučaju lokacija monitoringa mora biti usredotočena na one dijelove cjeline podzemnih voda koji su najpodložniji onečišćenju. To će često biti gornji dijelovi. Međutim, kako bi se pružila reprezentativna procjena raspodjele zagađivala za cjelinu podzemne vode, potreban je dodatan monitoring u drugim dijelovima cjeline podzemnih voda.

- *Cjeline pod rizikom*: Lokacije nadzornog monitoringa pružit će temelj za operativni monitoring, odnosno mreža se na temelju rezultata može prilagoditi. Lokacije bi se mogle koristiti za oba programa.
- *Cjeline koje nisu pod rizikom uz nisku pouzdanost procjene rizika*: Potreban je dovoljan broj točaka monitoringa koje će biti reprezentativne za niz pritisaka i uvjete putovanja u cjelini (ili skupini cjelina) podzemnih voda kako bi se dobili podaci potrebni za nadopunu procjene rizika, odnosno povećalo povjerenje. Lokacija točaka monitoringa može se stoga usredotočiti na područja cjeline (cjelina) podzemnih voda koja su najpodložnija za svaku kombinaciju pritisak/putovanje. Konačna distribucija po skupinama ovisit će o dostupnosti odgovarajućih nadzornih lokacija i raspodjeli pritisaka. Općenito se preporučuju najmanje tri točke u cjelini ili skupini cjelina podzemnih voda. Međutim, kada su cjeline podzemnih voda velike i heterogene, vjerojatno će biti potreban znatno veći broj točaka monitoringa kako bi se ostvarili ciljevi monitoringa.
- *Skupine cjelina podzemnih voda kada su pritisci ograničeni (mali ili izostaju)*: U skupinama cjelina podzemnih voda za koje je utvrđeno da nisu pod rizikom i povjerenje u procjenu rizika je veliko, primarna svrha točaka uzorkovanja bit će procijeniti prirodne temeljne vrijednosti i prirodne trendove, u skladu s čime treba odabrati lokacije.

#### **4.1.3 Učestalost monitoringa**

Odabir odgovarajuće učestalosti monitoringa općenito će se temeljiti na konceptualnom modelu i postojećim podacima dobivenima iz monitoringa podzemnih voda. Kada postoji odgovarajuće znanje o sustavu podzemnih voda i već je uspostavljen dugoročni sustav monitoringa, to bi se trebalo koristiti za određivanje odgovarajuće učestalosti nadzornog monitoringa. Kada znanje nije dostatno i podaci nisu dostupni, u tabeli 2 predložena je učestalost nadzornog monitoringa koja se može usvojiti za različite tipove vodonosnika. Od velike je važnosti promjena obrazaca koncentracije s vremenom, što djeluje na odabranu učestalost monitoringa, kao i proširena znanja o konceptualnom razumijevanju. Općenito govoreći, plitke cjeline podzemnih voda su prilično dinamične u smislu varijacija u količini i kakvoći vode. Ako se javi takva varijabilnost, sukladno njoj treba odabrati učestalost monitoringa kako bi se ta varijabilnost karakterizirala na odgovarajući način.

U manje dinamičnim sustavima podzemnih voda dva uzorka godišnje mogu u početku biti dovoljna za nadzorni monitoring. Ako se takvim monitoringom u ciklusu upravljanja riječnim slivom (šest godina) ne utvrdi znatna varijacija, može biti prikladno daljnje smanjivanje učestalosti uzorkovanja.

Zbog mogućih promjena u obrascima koncentracije povezanih s vremenom, osobito u prilično dinamičnim sustavima tečenja podzemnih voda, uzorkovanje na lokaciji monitoringa mora se vršiti u jednakim vremenskim razmacima (povezano s učestalošću). Time se jamči usporedivost rezultata monitoringa i valjana procjena trendova.

Rezultate nadzornog monitoringa treba redovito pregledavati, te u skladu s time prilagođavati učestalost monitoringa kako bi se osiguralo da zahtjevi za informacijama budu u cijelosti ispunjeni i da se održi isplativ program.

*Tabela 2: Predložena učestalost monitoringa za nadzorni monitoring (kada razumijevanje sustava vodonosnika nije dovoljno)*

*Napomena: U ovoj je tabeli predložena učestalost monitoringa koja se može koristiti kao smjernica kada je konceptualno razumijevanje ograničeno i kada postojeći podaci nisu dostupni. U slučaju dobrog razumijevanja kakvoće podzemnih voda i ponašanja hidrogeološkog sustava, prema potrebi se mogu usvojiti alternativne učestalosti monitoringa.*

		Tip tečenja u vodonosniku				
		Zatvoreno	Slobodno			
			Znatno međuzrnsko tečenje		Tečenje samo kroz pukotine	Tečenje kroz krš
Uobičajeno znatno dubinsko tečenje	Plitko tečenje					
<b>Početna učestalost – ključni i dodatni pokazatelji</b>		Dvaput godišnje	Svaka tri mjeseca	Svaka tri mjeseca	Svaka tri mjeseca	Svaka tri mjeseca
<b>Dugoročna učestalost – ključni pokazatelji</b>	<b>Općenito visoka - umjerena transmisivnost</b>	Svake dvije godine	Svake godine	Dvaput godišnje	Dvaput godišnje	Dvaput godišnje
	<b>Općenito niska transmisivnost</b>	Svakih šest godina	Svake godine	Svake godine	Svake godine	Dvaput godišnje
<b>Dodatni pokazatelji (tekuće vrednovanje)</b>		Svakih šest godina	Svakih šest godina	Svakih šest godina	Svakih šest godina	-

## 4.2 IZRADA PROGRAMA OPERATIVNOG MONITORINGA

Operativni monitoring usredotočen je na cjelinu podzemnih voda. Program „operativnog monitoringa“ potreban je za:

- utvrđivanje kemijskog stanja svih cjelina podzemnih voda, ili grupe cjelina, za koje je ustanovljen rizik,
- utvrđivanje svih dugoročnih uzlaznih trendova u koncentracijama onečišćujućih tvari potaknutih ljudskim aktivnostima,
- može se koristiti i za procjenu djelotvornosti programa mjera provedenih radi vraćanja vodne cjeline u dobro stanje ili preokretanje uzlaznih trendova u koncentracijama onečišćujućih tvari.

Operativni monitoring potreban je jedino na vodama za koje je utvrđen rizik da neće ispuniti ciljeve ODV-a. Mora se provoditi u razdobljima između nadzornog monitoringa. Nasuprot nadzornom monitoringu, operativni je monitoring snažno usredotočen na procjenu specifičnih utvrđenih rizika za ispunjavanje ciljeva Direktive.

Pri izradi programa operativnog monitoringa mora se definirati traženo povjerenje u rezultate monitoringa. Traženo povjerenje u operativni monitoring ovisi o varijabilnosti izvora učinka i značajkama podzemne vode ili vodonosnika u pitanju, kao i o riziku u slučaju pogreške. U načelu, nesigurnost iz procesa monitoringa ne bi trebala znatno pridonijeti nesigurnosti u kontroliranju rizika.

Treba uvesti prihvatljivost neidentificiranja novog rizika ili kontroliranja poznatog rizika, koristiti je za postavljanje ciljeva za promjenjivost značajki u pitanju, te je koristiti za kontroliranje kakvoće monitoringa u odnosu na promjenjivost podataka.

### 4.2.1 Odabir pokazatelja operativnog monitoringa

U većini će se slučajeva na svakoj točki uzorkovanja tražiti i glavni i selektivni pokazatelji (vidjeti 6. fusnotu vezanu uz zahtjev iz direktive-kćeri o podzemnim vodama za određivanje graničnih vrijednosti za podzemne vode). Upute o odabiru glavnih i selektivnih pokazatelja nalaze se u Prilogu 3.

Proces odabira temeljit će se na:

- karakterizaciji i konceptualnom modelu (modelima), uključujući procjenu ranjivosti i osjetljivosti recipijenta, vremena potrebnog da bilo koji program mjera stupi na snagu, te sposobnosti razlikovanja između učinaka različitih mjera;
- procjeni rizika i razini povjerenja u procjenu, uključujući raspodjelu glavnih pritisaka utvrđenih u postupku karakterizacije koji mogu dovesti do toga da stanje vodne cjeline bude klasificirano kao loše;
- praktičnim razmatranjima vezanima uz prikladnost pojedinih točaka uzorkovanja.

#### 4.2.2 Odabir reprezentativnih lokacija operativnog monitoringa

Pri odabiru lokacija monitoringa njihovi prioriteti moraju biti određeni na temelju:

- raspoloživosti prikladnih postojećih lokacija (npr. iz programa nadzornog monitoringa) koje daju reprezentativne uzorke,
- potencijala za podupiranje različitih programa monitoringa prema ODV-u (npr. prikladni izvori mogu služiti kao mjesta uzorkovanja kakvoće, količine i površinskih voda),
- potencijala za integrirani višenamjenski monitoring, npr. kombiniranje zahtjeva monitoringa prema Direktivi o nitratima, monitoringa zaštićenih područja namijenjenih za zahvaćanje vode namijenjene za ljudsku potrošnju, monitoringa povezanog s registriranjem sredstava za zaštitu bilja ili biocidnih proizvoda<sup>7</sup>, monitoringa prema Direktivi o cjelovitom sprečavanju i nadzoru onečišćenja, te usklađenost s Direktivom o podzemnim vodama.
- mogućih veza s postojećim/planiranim lokacijama monitoringa površinskih voda.

Kada se pitanja rizika odnose na specifične recipijente poput ekosustava, dodatne točke uzorkovanja mogu biti usredotočene na područja koja se nalaze u blizini tih recipijenata. Taj monitoring, pored toga što pridonosi procjeni stanja i trendova, može pomoći i pri razlikovanju učinaka različitih tipova pritisaka, procjeni prostornog raspona učinaka i određivanju sudbine i prijenosa zagađivala između izvora i recipijenta. Te će informacije biti bitne za proces procjene rizika i karakterizacije. Ovaj monitoring može uključivati praćenje gornjih dijelova vodonosnika, a možda i vode koja otječe iz tla, npr. višerazinska oprema za uzimanje uzoraka, lizimetri i uzimanje uzoraka iz odvodnog kanala na terenu.

---

<sup>7</sup> Vidjeti preporuke koje je izradio Forum za koordiniranje korištenjem pesticida (FOCUS). Konačno izvješće Skupine za podzemne vode, Europska komisija, DG SANCO, 2006.

Kada se pitanja pritisaka i rizika odnose na same podzemne vode (npr. raspršeni pritisci), točke uzorkovanja bit će više rasprostranjene širom vodne cjeline i bit će usredotočene na različite pritiske i njihovu raspodjelu unutar cjeline podzemnih voda. Prema potrebi može biti prikladno usredotočiti resurse na najreprezentativnije ili najosjetljivije kombinacije pritisaka na podzemne vode i podložnosti podzemnih voda.

#### 4.2.3 Učestalost monitoringa

Odabir učestalosti monitoringa općenito će se temeljiti na konceptualnom modelu, a osobito na karakteristikama vodonosnika i njegovoj podložnosti pritiscima onečišćenja. U tabeli 3 predložena je učestalost operativnog monitoringa za različite tipove vodonosnika kada je konceptualno razumijevanje ograničeno i kada postojeći podaci nisu dostupni. U slučaju dobrog razumijevanja kakvoće podzemnih voda i ponašanja hidrogeološkog sustava, prema potrebi se mogu usvojiti alternativne učestalosti monitoringa.

Učestalost i određivanje vremena uzorkovanja na svakoj lokaciji monitoringa moraju uzeti u obzir:

- zahtjeve o procjeni trendova,
- nalazi li se lokacija uz gradijent, neposredno ispod ili niz gradijent pritiska. Za lokacije izravno ispod pritiska može biti potreban češći monitoring.
- razinu pouzdanosti procjene rizika predviđenu člankom 5. i promjene u procjenama tokom vremena,
- kratkoročne fluktuacije u koncentracijama onečišćujućih tvari, npr. sezonski učinci. Kada je vjerojatno da će doći do sezonskih i drugih kratkoročnih učinaka, bitno je da učestalosti i vremena uzorkovanja budu adekvatno prilagođeni (povećani) i da se uzorkovanje provodi svake godine u isto vrijeme ili pod istim uvjetima, kako bi se osigurali usporedivi podaci za procjenu trendova, točnu karakterizaciju i procjenu stanja, te
- načine korištenja prostora, npr. razdoblje korištenja pesticida ili nitrata. To je osobito važno za sustave s brzim tečenjem poput krških vodonosnika i/ili plitkih cjelina podzemnih voda.

Uzorkovanje za operativni monitoring mora se provoditi sve dok se, s odgovarajućom uvjerljivošću, ne utvrdi da cjelina podzemnih voda više nema loše stanje ili da više nije pod

rizikom lošeg stanja i da postoje odgovarajući podaci kojima se može dokazati preokretanje trendova.

Tabela 3: Predložena učestalost operativnog monitoringa

		Tip tečenja u vodonosniku				
		Zatvoreno	Slobodno			
			Znatno međuzrnsko tečenje		Tečenje samo kroz pukotine	Tečenje u kršu
			Često značajno dubinsko tečenje	Plitko tečenje		
Podzemne vode jače ranjivosti	Stalni pritisci	Svake godine	Dvaput godišnje	Dvaput godišnje	Svaka tri mjeseca	Svaka tri mjeseca
	Sezonski /povremeni pritisci	Svake godine	Svake godine	Prema potrebi	Prema potrebi	Prema potrebi
Podzemne vode slabije ranjivosti	Stalni pritisci	Svake godine	Svake godine	Dvaput godišnje	Dvaput godišnje	Svaka tri mjeseca
	Sezonski /povremeni pritisci	Svake godine	Svake godine	Prema potrebi	Prema potrebi	Prema potrebi
Procjene trendova		Svake godine	Dvaput godišnje	Svaki šest godina	Dvaput godišnje	-



## 5 PRAĆENJE KOLIČINSKOG STANJA VODA

Mreža praćenja količinskog stanja voda potrebna je kao pomoć pri karakterizaciji, za određivanje količinskog stanja podzemnih voda, za podršku procjeni kemijskog stanja i analizu trendova, te podršku izradi i ocjeni programa mjera.

Cjelina podzemnih voda imat će dobro količinsko stanje ako:

- raspoloživu zalihu podzemnih voda ne premašuje dugoročna prosječna godišnja stopa crpljenja,
- razine i tokovi podzemnih voda dovoljni su za ispunjavanje ciljeva zaštite okoliša za povezane površinske vode i kopnene ekosustave ovisne o podzemnim vodama, te
- antropološke promjene smjera toka uslijed promjene razine vode ne dovode do prodora slane vode ili drugih prodora.

Kao i kod drugih mjera, dizajn monitoringa trebao bi se temeljiti na konceptualnom razumijevanju sustava podzemnih voda i pritisaka. Glavni elementi kvantitativnog konceptualnog razumijevanja bit će:

- procjene prihranjivanja i vodne bilance i/ili
- postojeća razina podzemnih voda ili procjene ispuštanja i relevantne informacije o rizicima za povezane površinske vode i kopnene ekosustave ovisne o podzemnim vodama, te
- stupanj interakcije između podzemnih voda i povezanih površinskih i kopnenih ekosustava kada je ta interakcija važna i mogla bi djelovati na stanje cjeline površinskih voda.

Razvoj mreže monitoringa količinskog stanja voda može biti iterativan; podaci prikupljeni na novim točkama monitoringa koriste se za unapređivanje i doradu konceptualnog modela koji se koristio za lociranje svake točke monitoringa u cjelini podzemnih voda i funkcioniranje programa monitoringa količinskog stanja.

Provedba numeričkog modela podzemnih voda ili hidrološkog modela koji povezuje podzemne i površinske vode je korisno sredstvo pri prikupljanju i tumačenju podataka praćenja količinskog stanja i pri utvrđivanju resursa i ekosustava pod rizikom. Nadalje, procjene nesigurnosti koje se mogu dobiti iz numeričkog modela mogu biti od pomoći pri identificiranju onih dijelova cjeline podzemnih voda gdje će dodatne točke prikupljanja podataka najviše pridonijeti opisu količine i toka podzemnih voda.

### 5.1.1 Parametri monitoringa

Premda je Direktivom razina podzemne vode identificirana kao mjera za određivanje količinskoga stanja, u praksi zahtjevi procjene stanja znače da će biti potrebne dodatne prateće informacije. Preporučeni parametri za potrebe količinske procjene podzemnih voda uključuju:

- razine podzemnih voda u bušotinama ili zdencima,
- izdašnost izvora,
- karakteristike toka i/ili razine tokova površinskih voda u sušnim razdobljima (tj. kada se komponenta toka izravno povezana s oborinama može zanemariti, a istjecanje u znatnoj mjeri podržavaju podzemne vode),
- razine u značajnim močvarama i jezerima ovisnima o podzemnim vodama.

Odabir točaka i parametara monitoringa mora se temeljiti na zdravom konceptualnom modelu vodne cjeline koja će se pratiti.

Dodatni monitoring kao potpora karakterizaciji i klasifikaciji podzemnih voda može uključivati sljedeće:

- monitoring kemijskih i indikatorskih parametara (npr. temperatura, električna vodljivost) radi prodora slane vode ili drugih prodora. Za otočne vodonosnike može biti prikladno pratiti prijelaznu zonu između slatke i slane vode. To može uključivati:
- oborine i komponente potrebne za izračun evapotranspiracije (za izračun prihranjivanja podzemnih voda),
- ekološki monitoring kopnenih ekosustava ovisnih o podzemnim vodama (uključujući ekološke pokazatelje), te
- zahvaćanje podzemnih voda (i umjetno prihranjivanje).

Specifični zahtjevi za podupiruće podatke monitoringa za nadopunu saznanja stečenih iz praćenja razine podzemnih voda u velikoj će mjeri biti određeni alatima/metodama koji će se koristiti kao potpora procjeni rizika ili stanja i potrebnom povjerenju u tu procjenu.

Za odabir parametara ključno je to koliko je parametar reprezentativan za hidrogeološki ambijent koji se prati i značaj njegove uloge u određivanju rizika ili stanja.

U nekim hidrogeološkim ambijentima praćenje razina podzemnih voda u bušotinama može biti neodgovarajuće za potrebe Direktive, a u nekim slučajevima može biti i izrazito varljivo.

U takvim okolnostima karakteristike toka povezanih vodotoka ili izvora mogu pružiti bolje podatke pomoću kojih se može napraviti procjena. To će vrlo vjerojatno biti slučaj kod vodonosnika niske propusnosti/vodonosnika pukotinske poroznosti. Ima slučajeve kada razina vode ostaje više ili manje stabilna, no dolazi do prodora vode iz drugih vodonosnika, površinskih voda ili čak morske vode. Za cjeline podzemnih voda na otocima treba razmotriti specifične uvjete. Ako postoji rizik od prodora vode, tada treba pratiti odgovarajuće pokazatelje kakvoće vode, npr. električnu vodljivost i temperaturu vode.

### **5.1.2 Odabir gustoće točaka monitoringa**

Kako bi se ispunili ciljevi iz članka 4. ODV-a, može biti potrebno provesti monitoring na dvije razine. Kao prvo bi, gdje je to moguće, trebalo procijeniti razine i tokove podzemnih voda unutar grupe podzemnih voda. Oni mogu biti povezani s procjenom vodne bilance za čitavu cjelinu. Kao drugo, može biti potrebno više usredotočeno „lokalno“ praćenje razina i tokova koji se odnose na recipijente koje podržavaju relevantne lokalne podzemne vode, tj. cjeline površinskih voda (rijeke, jezera, estuariji) i kopneni ekosustavi ovisni o podzemnim vodama. Ovo potonje može uključivati prateće informacije, npr. iz praćenja saliniteta (vezano uz prodor slane vode) ili prateće informacije iz ekološkog monitoringa koji se već provodi u sklopu drugih relevantnih propisa Zajednice (kao dokaz učinka zahvaćanja podzemnih voda na ekosustave).

U cjelinama podzemnih voda ili grupi cjelina podzemnih voda za koje je procijenjeno da nisu pod rizikom monitoring se može smanjiti. Monitoring se ne mora provoditi u svakoj cjelini unutar grupe pod uvjetom da su skupine hidrogeološki usporedive.

U cjelinama podzemnih voda ili skupinama cjelina podzemnih voda za koje je procijenjeno da su pod rizikom raspodjela točaka monitoringa odražavat će potrebu razumijevanja hidrogeoloških uvjeta koji se odnose na recipijente za koje je utvrđeno da su pod rizikom i na njihovu shvaćenu važnost. Točke monitoringa moraju biti dovoljno gusto raspoređene kako bi se osigurala valjana procjena učinaka uslijed zahvaćanja i ispuštanja na razini podzemnih voda.

Posebne se odredbe odnose na one cjeline podzemnih voda koje prelaze granicu između dviju ili više država članica, poput lokacija na kojima se zahvaćaju podzemne vode koje osiguravaju više od 10 m<sup>3</sup> dnevno ili koje opskrbljuju više od 50 osoba, brzina crpljenja, izravnih ispuštanja u podzemne vode itd. Broj točaka uzorkovanja mora biti dovoljan za procjenu smjera i brzine podzemnih voda koje prelaze granice države članice.

### **5.1.3 Učestalost monitoringa**

Količina i učestalost monitoringa bit će određeni na temelju podataka potrebnih za određivanje rizika i stanja, te prema potrebi i za podršku izradi i procjeni programa mjera.

Učestalost monitoringa pretežno ovisi o karakteristikama vodne cjeline i o lokaciji monitoringa. Lokacije sa znatnom godišnjom varijabilnošću treba pratiti češće nego lokacije s malom varijabilnošću. Općenito govoreći, mjesečni će monitoring biti dovoljan za praćenje količine u slučaju male varijabilnosti, no dnevni monitoring bi bio poželjan (osobito pri mjerenju protoka). Učestalost treba revidirati sa širenjem saznanja o reakciji i ponašanju vodonosnika i u odnosu na značaj svih promjena u pritiscima na cjelinu podzemnih voda. Na taj će se način održati ekonomičan program.

## 6 MONITORING ZAŠTIĆENIH PODRUČJA

Države članice su dužne ispuniti standarde i ciljeve svih zaštićenih područja uspostavljenih na temelju drugih relevantnih propisa Zajednice i utvrđenih u Dodatku IV ODV-a. Kada je propisan zahtjev za praćenje podzemnih voda pretpostavlja se da države članice kao dio procesa provedbe u potpunosti ispunjavaju te zahtjeve i slijede sve relevantne upute. Ovdje sadržane upute odnose se jedino na zahtjeve ODV-a.

Daljnji detalji vezani uz zaštićena područja opisani su u vodiču „Zaštićena područja podzemnih voda“.

Kako bi se osiguralo da programi monitoringa budu što je više moguće djelotvorni, bilo bi dobro osigurati da gore opisani programi praćenja količinskog i kemijskog stanja nadopunjuju i budu povezani s programima uspostavljenima za zaštićena područja kako bi mreže praćenja podzemnih voda bile što je više moguće višenamjenske.

### 6.1 MONITORING ZAŠTIĆENIH PODRUČJA VODNIH CJELINA NAMIJENJENIH ZA ZAHVAĆANJE VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU

ODV zahtijeva da programima monitoringa bude moguće procijeniti ispunjavanje ciljeva postavljenih za zaštićena područja vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju utvrđenih člankom 7. Za razliku od cjelina površinskih voda definiranih kao zaštićena područja vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju, ODV ne uvodi nikakve dodatne specifične kriterije monitoringa za zaštićena područja vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju. Međutim, ciljevi utvrđeni za zaštićena područja vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju traže da svaki monitoring bude u mogućnosti pružiti točne i pouzdane podatke kao potporu upravljanju i procjeni zaštićenih područja vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju. Na primjer, te će informacije biti potrebne za utvrđivanje pogoršanja u kakvoći zahvaćenih podzemnih voda koje bi moglo dovesti do povećanja razine pročišćavanja/obrade. Neće biti potrebno pratiti sve parametre propisane Direktivom o vodi za piće (80/78/EEC, izmijenjena direktivom 98/83/EC). Bit će potrebno razmotriti samo one parametre koji su izravno povezani s kakvoćom podzemnih voda (sirove vode). Popis parametara temeljit će se na rezultatima procjene rizika, postojećim saznanjima o kakvoći podzemnih voda i režimima pročišćavanja uspostavljenima na izvorima vode za piće.

Monitoring na zaštićenim područjima podzemnih vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju stoga treba provoditi u skladu s programima uspostavljenima za

nadzorni i/ili operativni monitoring relevantan za tu cjelinu podzemnih voda kako bi se ispunili ciljevi članka 4., uz dodatni zahtjev da se osigura usklađenost s ciljevima za zaštićena područja vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju (članak 7(3)) i zahtijevane informacije za „daljnju karakterizaciju“ navedeni u Dodatku II (2.3c) ODV-a.

Cilj iz članka 7(3) – izbjegavanje pogoršanja kakvoće voda na zaštićenim područjima vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju kako bi se smanjila razina potrebnog pročišćavanja – podrazumijeva da za takva područja na dan provedbe toga cilja postoje temeljni podaci o kakvoći u odnosu na koje se može procijeniti svako kasnije pogoršanje kakvoće. Za to nisu pružene nikakve specifikacije, tako da se može pretpostaviti da je potreban jedino monitoring dovoljan za procjenu tog cilja. Čini se jasnim da su nužni podaci o kakvoći sirove vode i logično je pretpostaviti da bi se trebalo usredotočiti na izvore zahvaćanja vode za piće.

Redoviti monitoring svih izvora vode za piće ne bi bio praktičan ili neophodan ondje gdje je procesima karakterizacije utvrđeno da rizik ne postoji. Predlaže se da se u vodnim cjelinama ili grupi cjelina koje nisu pod rizikom neispunjavanja ciljeva za zaštićena područja vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju provodi onoliko monitoringa nad reprezentativnim izborom značajnih izvora vode za piće (onih na koje se primjenjuje Direktiva o vodi za piće – vidjeti nižu napomenu<sup>8</sup>) koliko je potrebno kako bi se potvrdila procjena rizika. To treba uključiti u dio programa nadzornog monitoringa ili drugog nacionalnog programa monitoringa, a u praksi možda već i je. Stoga se primjenjuju relevantni kriteriji za nadzorni monitoring. Valja napomenuti da Direktiva o vodi za piće sadrži i zahtjev za ispunjavanje standarda za mikrobiološke parametre i radioaktivnost, i njih će možda trebati uključiti u svaki program praćenja zaštićenih područja vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju kada bi ti parametri mogli dovesti do neispunjavanja ciljeva određenih za takva područja.

---

<sup>8</sup> Kao značajan izvor vode za piće definira se onaj namijenjen za ljudsku potrošnju prema zahtjevima Direktive o vodi za piće (Direktiva 80/778/EEC izmijenjena Direktivom 98/83/EC). To je izvor gdje:

- voda zahvaćena iz pojedinog zahvata osigurava 10 m<sup>3</sup> ili više dnevno u prosjeku ili opskrbljuje najmanje 50 ljudi, osim ako nije zahvaćena kao dio komercijalne ili javne aktivnosti, kada se granične vrijednosti ne primjenjuju,

i koji nije:

- prirodna mineralna voda koju kao takvu priznaju nadležna nacionalna tijela, u skladu s Direktivom Vijeća 80/778/EEC od 15. srpnja 1980. o usklađivanju zakona država članica EU-a koji se odnose na iskorištavanje prirodnih mineralnih voda i njihovo plasiranje na tržište, ili
- voda koja je medicinski proizvod prema Direktivi Vijeća 65/65/EEC od 26. siječnja 1965. o usklađivanju odredaba o medicinskim proizvodima utvrđenima zakonom, propisom ili administrativnom radnjom.

Preporučuje se da se na vodnim cjelinama, koje su pod rizikom neispunjavanja ciljeva određenih za zaštićena područja vodnih cjelina namjenjenih vodi za piće prate značajni izvori barem jednom prije i barem jednom tijekom svakog razdoblja plana upravljanja riječnim slivom. Prema potrebi, taj monitoring može biti usredotočen ili ograničen na područja na kojima su pritisci i/ili učinci koji dovode do rizika relevantni za kakvoću zahvaćene vode. Za fokusiranje monitoringa (a naknadno i za fokusiranje svih nužnih zaštitnih mjera) mogu se koristiti zaštitne zone. Ako već postoje podaci iz monitoringa vode za piće (sirove vode), i oni se mogu koristiti.

U mnogim će slučajevima izvori zahvaćanja vode za piće biti dio programa nadzornog i operativnog monitoringa. U takvim će slučajevima posebni zahtjevi programa nadzornog i operativnog monitoringa imati prednost pred gore spomenutim monitoringom. Kada su izvori dio programa nadzornog i/ili operativnog monitoringa, bit će dostupno više podataka nego što je naznačeno i trebali bi se koristiti za procjenu usklađenosti s ciljevima članka 7.

U nekim slučajevima pojedine točke zahvaćanja podzemnih voda mogu biti dio skupine izvora na kojima se učinkovito zahvaća voda iz iste priljevne zone ili zaštitne zone unutar zaštićenog područja vodnih cjelina namijenjenih za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju. U takvim slučajevima, pod uvjetom da je režim monitoringa dosljedan i reprezentativan, ne mora biti potrebno pratiti sve pojedine izvore kako bi se valjano ocijenila usklađenost s ciljevima utvrđenima u članku 7.

## 7 MONITORING SPREČAVANJA I OGRANIČAVANJA UNOSA ONEČIŠĆENJA

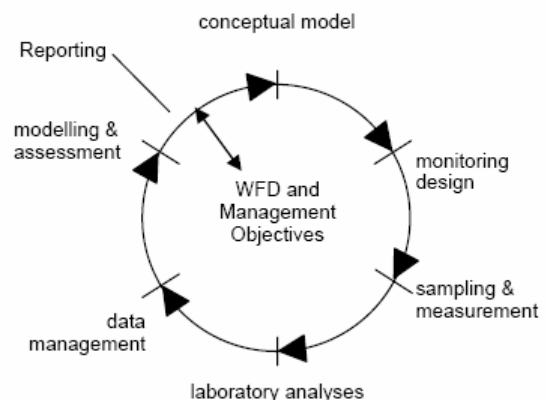
Monitoringom kakvoće podzemnih voda mora se procijeniti učinkovitost mjera uvedenih za sprečavanje ili ograničavanje unosa onečišćujućih tvari i/ili pogoršanje stanja podzemnih voda (u skladu s člankom 11(3) ODV-a i člankom 6. direktive-keci o podzemnim vodama). Premda će programi nadzornog i operativnog monitoringa tome znatno pridonijeti, mogli bi biti potrebni specifični dodatni programi monitoringa usmjereni na pritiske iz točkastih izvora. Stoga se u ovom vodiču razlikuje nadzorni i operativni monitoring usredotočen na podzemne vode kao cjelinu i **monitoring sprečavanja i ograničavanja unosa onečišćenja** usredotočen na točkaste izvore.

Monitoring sprečavanja i ograničavanja unosa onečišćenja osmišljen je prvenstveno kako bi se osigurala usklađenost s uvjetima na lokaciji i odobrenjima u slučajevima reguliranih aktivnosti ili za istraživanja specifična za pojedinu lokaciju, odnosno monitoring usklađenosti, ili za potrebe karakteriziranja učinaka specifičnih za lokaciju i izradu i procjenu programa korektivnih radnji, odnosno istraživački monitoring.

Zahtjevi takvih programa mogu već biti definirani specifičnim propisom usmjerenim na sprečavanje ili ograničavanje unosa onečišćujućih tvari u podzemne vode, npr. zahtjevi o monitoringu odlagališta otpada iz Direktive o odlagalištima otpada ili zahtjev za nužnim nadzorom iz propisa o podzemnim vodama. Monitoring može biti dizajniran specifično za istraživanje drugih lokaliziranih pitanja, npr. zagađenog zemljišta ili iznenadnih izljeva.

Premda ODV izričito ne zahtijeva monitoring sprečavanja i ograničavanja unosa onečišćenja, informacije dobivene iz tog monitoringa trebale bi se koristiti za karakterizaciju i istraživanje specifičnih pitanja, kao i za osiguravanje da su programi mjera učinkoviti. Ne bi se trebao koristiti specifično za procjenu

stanja i trendova, premda se neke lokacije monitoringa mogu koristiti za nadzorni i/ili operativni monitoring. Međutim, kada se koriste takve lokacije, one moraju u cijelosti



(tumač: conceptual model – konceptualni model, monitoring design – izrada monitoringa, sampling & measurement – uzorkovanje i mjerenje, laboratory analyses – laboratorijske analize, data management – upravljanje podacima, modelling & assessment – modeliranje i procjena, reporting – izvještavanje, WFD and Management Objectives – ODV i ciljevi upravljanja)



ispunjavati zahtjeve jamstva kakvoće lokacija u programu monitoringa prema ODV-u. Ako lokacije ne ispunjavaju zahtjeve, treba ih odbaciti.

## 8 OSIGURAVANJE KAKVOĆE PODATAKA MONITORINGA

Kakvoća tražena od monitoringa podzemnih voda ovisi o svrsi, no mora biti definirana za svaki korak u čitavom procesu koji se sastoji od:

- konceptualnog modeliranja,
- dizajna monitoringa,
- terenskih uzorkovanja i mjerenja,
- laboratorijske analize,
- prijenosa, pohranjivanja, modeliranja podataka,
- tumačenja podataka,
- priopćavanja rezultata.

Traženu bi kakvoću trebalo dobiti definiranjem skupina provjerljivih zahtjeva kakvoće za svaki korak u procesu. Zahtjeve kakvoće ne treba definirati nezavisno jedne od drugih kako bi se izbjeglo postavljanje viših standarda kakvoće za jedan korak koje ostali mogu ispuniti. Pri postavljanju zahtjeva kakvoće koji odgovaraju svrsi treba razmotriti varijabilnost sustava koji će se pratiti, nesigurnost povezanu s uzorkovanjem i analizom, uključene rizike u slučaju pogreške i troškove.

### 8.1 ZAHTJEVI KAKVOĆE

Zahtjevi kakvoće za **konceptualni model** mogu biti definirani u smislu prihvatljivih odstupanja od predviđenih svojstava (učestalost i raspon). To se može postići formuliranjem pitanja na koja moraju odgovoriti podaci dobiveni monitoringom i druge relevantne informacije s određenom pouzdanošću temeljenom na konceptualnom modelu. Konceptualni model i njegove izmjene moraju biti dokumentirani i prekontrolirani od strane sustručnjaka.

Zahtjevi kakvoće za **dizajn monitoringa** mogu biti formulirani u smislu traženog maksimalno dopustivog intervala pouzdanosti za relevantne kriterije usklađenosti (npr. prosječna vrijednost) u vremenu ili prostoru parametra unutar (skupine) cjeline podzemnih voda. Dizajn mora biti dokumentiran i prekontroliran od strane sustručnjaka.

Zahtjevi kakvoće za **uzorkovanje** moraju biti formulirani u smislu najveće prihvatljive nesigurnosti uzorkovanja.

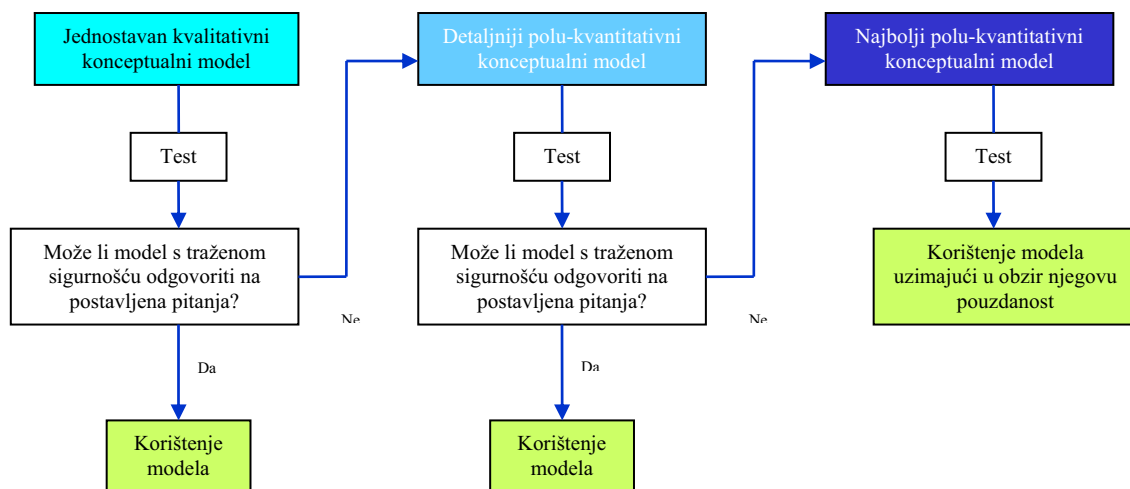
Zahtjevi kakvoće za **analizu** moraju biti formulirani u smislu najveće prihvatljive nesigurnosti analize i tražene granice analitičke detekcije.

Zahtjevi kakvoće za **prijenos, pohranjivanje, modeliranje i tumačenje podataka** su jasno dokumentiranje pravila o upravljanju podacima, tumačenju podataka i odlukama na temelju dobre prakse modeliranja.

## 8.2 KONTROLA KAKVOĆE

Za vrijeme monitoringa pratit će se i samo ostvarivanje zahtjeva kakvoće. Ako definirani zahtjevi kakvoće nisu ispunjeni za jedan ili više koraka unutar monitoringa, što će pokazati poduzete mjere kontrole kakvoće, monitoring se mora ponovno ocijeniti i, prema potrebi, poboljšati i ponoviti.

Kakvoća **konceptualnog modela** se u odnosu na zahtjeve kakvoće najbolje kontrolira kao iterativan proces tokom čitavog programa monitoringa i u odnosu na traženu sigurnost (vidjeti sliku 8.1).



Slika 8.1: Iterativna kontrola konceptualnog modela na temelju postavljenih zahtjeva kakvoće

Kontrolom kakvoće **dizajna monitoringa** osigurati će se da nisu premašeni traženi intervali pouzdanosti.

Ti se intervali pouzdanosti mogu izračunati na temelju utvrđenih zahtjeva kakvoće ili se mogu temeljiti na stručnoj procjeni koja uzima u obzir očekivanu varijabilnost. U bilo kojem od ta dva slučaja usklađenost dizajna monitoringa u odnosu na zahtjeve kakvoće mora biti provjerljiva. Valja napomenuti da će varijabilnost podataka uključivati komponente iz dizajna

monitoringa, uzorkovanja i analitičkih metoda i prirodne varijabilnosti medija. Prve komponente treba razmatrati kada se poboljšava kakvoća dizajna monitoringa, budući da se one mogu kontrolirati, dok se prirodna varijabilnost ne može kontrolirati.

Kod **uzorkovanja i analize**, odgovarajuće procedure za jamčenje kakvoće omogućit će svođenje grešaka u uzorkovanju i analizi na najmanju moguću mjeru. Procedure za jamčenje kakvoće moraju obuhvaćati barem sljedeće elemente:

- identifikacija i evidencija uzoraka, aparata i operatera,
- metode uzorkovanja, plan uzorkovanja i izvješća s terenskog uzorkovanja
- transport, primitak, pohranjivanje i čuvanje uzoraka
- vrednovanje metoda, uključujući procjenu nesigurnosti
- postupci analitičkog mjerenja
- interna kontrola kakvoće metoda
- sudjelovanje u vanjskim projektima kontrole kakvoće (projekti ispitivanja sposobnosti itd.)
- iskazivanje rezultata
- sljedivost dokumenata
- sljedivost mjera

Korisnik podataka dobivenih iz uzorkovanja i analitičkih podataka trebao bi uvijek tražiti dokumentirane informacije o kakvoći primljenih usluga i osigurati da su ispunjeni neophodni kriteriji kakvoće. Uzorkovanje i analizu treba provesti tako da treća strana procijeni kakvoću korištenih procedura. Za laboratorijsku analizu preporuča se akreditacija u skladu s međunarodnom normom ISO 17025, dok za uzorkovanje laboratoriji i drugi pružatelji usluga uzorkovanja mogu odabrati ili akreditaciju u skladu s normom ISO 17025 ili certificiranje osoblja u skladu s normom ISO 17024. O procedurama uzorkovanja više u 9. poglavlju.

Za parametre za koje su najprikladnija terenska mjerenja, terenska mjerenja treba podvrgnuti provjeri metode i kontroli kakvoće potrebnima za laboratorijska mjerenja.

Pri kontroli **prijenosa, pohrane, modeliranja i tumačenja podataka** obvezne su provjere dosljednosti podataka na licu mjesta (prijenos i pohrana). Potrebno je izvršiti vrednovanje modela s podacima koji nisu uključeni u razvoj modela i kalibraciju.

## 9 METODE UZORKOVANJA I ANALIZE

Kao prvo, strategije uzorkovanja, tehnike uzorkovanja, obradu i analizu uzoraka, izračune i izvještavanje treba promatrati kao sastavni dio ukupnog procesa praćenja (praćenje opskrbnog lanca). Detaljan opis čitavog niza alata, tehnika i metoda za uzorkovanje i analizu podzemnih voda nadilazi granice ovoga vodiča. U ovom su odjeljku stoga ukratko sadržani samo ključni aspekti. Za detaljnije smjernice o metodama i uputama upućujemo čitatelja na međunarodne i nacionalne norme, vodiče i udžbenike (referenca na seriju ISO 5667 za uzorkovanje i na aktivnost praćenja kemijskog stanja). Za uzorkovanje i analizu treba koristiti provjerene metode koje pokrivaju i pitanje prikladnosti svrsi (Odjeljak 8). Uzorkovanje i analizu trebalo bi provoditi u skladu s objavljenim međunarodnim i nacionalnim standardnim metodama, osim ako ne postoji izričito opravdanje da se ne postupi tako, npr. zbog nepostojanja odgovarajućih standardnih metoda.

Zbog tehničkih poteškoća u pristupu podzemnim vodama i brzim promjenama kemizma do kojih može doći nakon što se voda premjesti s mjesta svog porijekla, **uzorkovanje** za potrebe praćenja podzemnih voda zahtijeva pažljivo planiranje i odabir najprikladnije opreme i metoda.

Standardne metode uzorkovanja obično su manje precizne od analitičkih metoda, djelomično zbog različitih terenskih uvjeta na različitim lokacijama i različitih svrha uzorkovanja, a djelomično stoga što je proces standardnog uzorkovanja trenutno manje napredan od procesa kemijske analize. Stoga je ipak i uz nacionalne i međunarodne norme potrebno uskladiti pristupe i metode kako bi se osigurala usporedivost i reprezentativnost uzorkovanja.

Metode uzorkovanja za praćenje podzemnih voda moraju uzeti u obzir regionalni i lokalni konceptualni model:

- hidrogeološki uvjeti (slojeviti vodonosnik, poroznost, raspucanost, tečenje, propusnost itd.),
- fizičko-kemijska svojstva (hlapivost tvari, apsorpcijska svojstva, reaktivnost itd.) parametara zbog kojih se provodi uzorkovanje,
- tip parametara koji se mjere (kemijski, biološki, fizički), te

- karakteristike točke uzorkovanja (npr. promjer zdenca, dužina rešetke, dubina uzorkovanja, statički/dinamički).

Nestabilni parametri poput pH, temperature, vodljivosti, otopljenog kisika i, prema potrebi, redoks potencijala i mutnoće moraju se **mjeriti na terenu** što je brže moguće. Za to je potrebna posebna kalibrirana oprema s jasnim uputama i procedurama o rukovanju.

Slično tome, **obrada uzoraka**, poput čuvanja ili filtriranja uzoraka vode, mora se provoditi na terenu bez aeracije i što je brže moguće kako bi se izbjegle promjene u distribuciji između otopljenih i čestičnih faza unutar uzorka.

Na programe praćenja treba primjenjivati **nove analitičke metode i parametre** kako bi se poboljšala kakvoća praćenja i postigla učinkovitost. Standardne metode možda neće biti dostupne za analitičke metode u nastajanju i nove parametre. U takvim slučajevima potrebne su interno provjerene metode (o zahtjevima više u 8. odjeljku), njihova primjena mora biti valjano dokumentirana, a uspješnost novih metoda redovito ocjenjivana.

## 10 IZVJEŠTAVANJE

Elementi programa monitoringa podložni su odredbama o izvještavanju iz članka 15(2) ODV-a.

Procjene povjerenja u rezultate monitoringa treba odrediti i o istima izvijestiti u skladu sa zahtjevima ODV-a. U takvom izvješću o povjerenju mora u najmanju ruku biti opisana pouzdanost koja nastaje uslijed procesa monitoringa i varijabilnost (u vremenu ili prostoru) opažanih parametara. Ako nije postignuto povjerenje zahtijevano na početku, moraju se procijeniti posljedice za ciljeve praćenja i utvrditi potreba za promjenom programa praćenja.

Potrebni su daljnji razgovori o dokumentaciji programa monitoringa, rada i izvještaja o stanju/trendovima imajući na umu izradu „izvještajnih listova“ (engleski „Reporting Sheets“) koje je razradila Radna skupina D. Ona sadrži sažete informacije u „verbalnom“ obliku poput istraživanih parametara i učestalosti monitoringa, te informacije u tabličnoj strukturi.

## **POJMOVNIK**

*Podzemne vode* su sve vode ispod površine tla u zoni saturacije i u izravnom dodiru s tlom ili podtlom.

*Vodonosnik* je potpovršinski sloj ili slojevi stijena ili drugih geoloških naslaga dovoljne poroznosti i propusnosti da omogućuje znatan protok podzemnih voda ili zahvaćanje znatnih količina podzemnih voda.

*Cjelina podzemnih voda* je određeni volumen podzemnih voda u vodonosniku ili vodonosnicima.

*Sirova voda* je podzemna voda u svojem prirodnom stanju prije bilo kakvog pročišćavanja ili obrade.



## DODATAK 1 – TIPOVI VODONOSNIKA

Europska kopnena masa obuhvaća čitav spektar geoloških stijena različite starosti i porijekla. Shodno tome, širom Europe nalaze se raznoliki hidrogeološki ambijenti i tipovi vodonosnika koji obuhvaćaju:

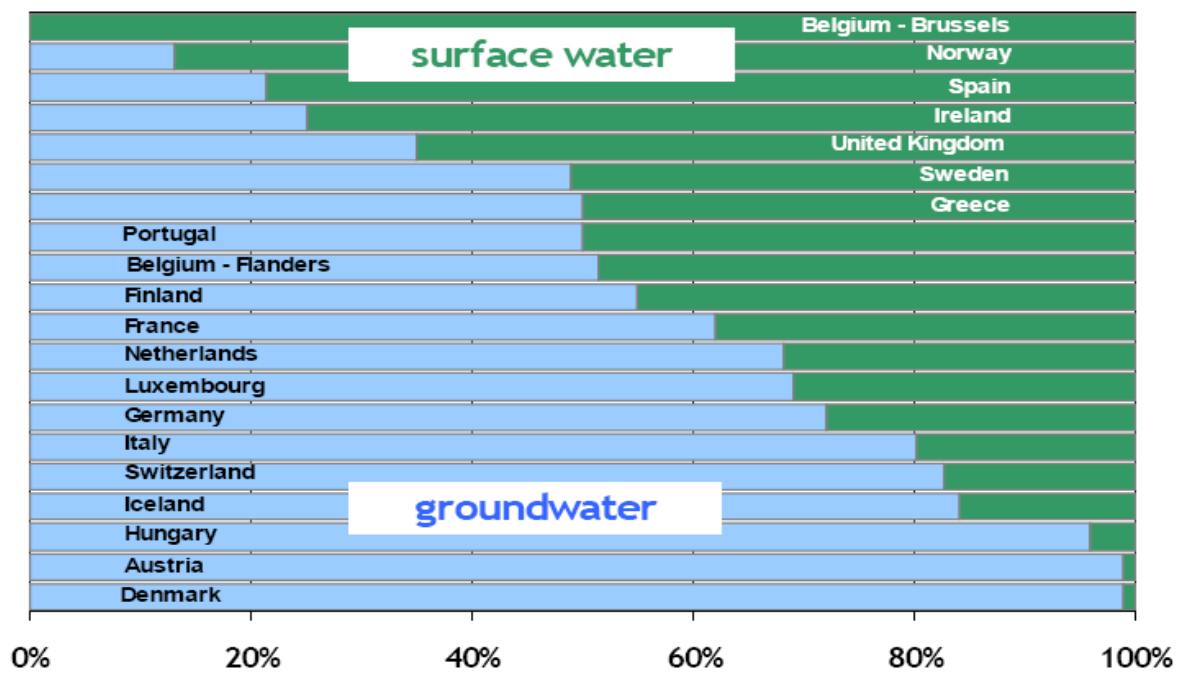
- sedimente velikih aluvijalnih i priobalnih ravnica gdje veze sa sustavima površinskih voda mogu biti složene,
- međuplaninske koluvijalne sustave koji se prazne uglavnom u izvore i/ili izravno u osnovni tok rijeka,
- konsolidirane sedimentne vodonosnike – vapnenci, kreda i pješčenjaci,
- krška (planinska ili ravničarska) područja s ili bez vanjskog dotoka,
- lapor i gline s lokalnim vodonosnicima izgrađenima od vapnenaca ili pijesaka,
- recentne priobalne vapnenačke formacije i otoke,
- glacijalne i pridružene male aluvijalne formacije,
- prostrane vulkanske terene,
- raspadnut i svjež kristalast fundament (uključujući metamorfne stijene poput gnajsa i škriljevaca).

Ovakva varijacija ima važne implikacije za održivost različitih tipova opreme za uzorkovanje i za to koliko učinkovito oni predstavljaju promjene u sustavima podzemnih voda, te izrada monitoringa mora biti shodno tome prilagođena. Nadalje, dobivene informacije, a osobito sve uočene promjene, moraju se redovito prijavljivati tokom nekoliko desetljeća na državnoj i europskoj razini. Stoga je potrebno jasno razumjeti što svaka točka monitoringa predstavlja u odnosu na cjelinu podzemnih voda u kojoj se nalazi, kao i vrijeme reakcije podzemnih voda i na nametnute im pritiske i na mjere za kontroliranje njihovih učinaka. U tabeli koja slijedi ukratko je prikazan raspon vodonosnika širom Europe i njihova vremena reakcije.

Tabela 4: Pregled situacije s podzemnim vodama u državama članicama EU-a (\*Udio podzemnih voda u javnoj vodoopskrbi) (prema Europskoj agenciji za zaštitu okoliša (EEA), 1999., izmijenila Radna skupina C)

Država (*)	Osnovni vodonosnici	Vrijeme reakcije
Finska (55%) Norveška (13%) Švedska(49%)	Mali, tanki, plitki vodonosnici u raspucanoj kristalastoj temeljnoj stijeni i glacijalno-fluvijalni pijesci i šljunci	Brzo do umjereno
Danska (99%)	Nešto krede i recentnih pijesaka i šljunaka, većinom plitki s tankom nezasićenom zonom	Brzo do umjereno
Nizozemska (68%) Belgija (52%)	Debele aluvijalne naslage s vodnim licem vrlo blizu površine – tanka nezasićena zona	Brzo
Ujedinjena Kraljevina (35%)	Važni vodonosnici su konsolidirana krede, pješčenjak i vapnenac na jugu, središnjem dijelu i na istoku, nešto aluvija	Kreće se od brzog do sporog
Francuska (62%)	Nešto krede na sjeveru, debele aluvijalne ravnice, vapnenci na središnjem dijelu i na jugu, kristalaste stijene fundamenta na zapadu, u središnjem dijelu i u planinskim područjima	Kreće se od brzog do sporog
Njemačka (72%)	Debele aluvijalne ravnice na sjeveru, konsolidirani sedimenti u središnjem dijelu i na jugu	Brzo do umjereno
Irska (25%)	Glavni vodonosnici su vapnenci (karstificirani u različitim stupnjevima), ispućani pješčenjaci, vulkanski i mali plitki nanosi fluvio-glacijalnog pijeska/šljunka. Slabo produktivni vodonosnici (muljeviti vapnenci, graniti, metamorfne stijene) prekrivaju 65% posto države.	Brzo
Austrija (99%)	Krški vapnenci i nešto aluvijalnih bazena i riječnih ravnica, nešto starijih raspucanih stijena u alpskim predjelima	Većinom brzo
Španjolska (21%) Grčka (50%) Portugal (50%) Italija (80%)	Krški vapnenci, pješčenjaci, priobalne aluvijalne ravnice i nešto velikih aluvijalnih bazena (Po, Guadalquivir, Tagus), vulkanski vodonosnici (Italija, Portugal)	Većinom brzo. Umjereno u aluvijalnim bazenima i vulkanskim vodonosnicima.
Luksemburg (69%) Švicarska (83%) Island (84%)		
Mađarska (96%)	Debeli aluvijalni bazen na istoku i sjeveroistoku, krški vodonosnici u središnjem dijelu, na sjeveru i jugu, konsolidirani sedimenti na zapadu, nešto raspucanih stijena u planinskim područjima	Brzo do sporo

Udio podzemnih (eng. groundwater) i površinskih voda (eng. surface water)  
u javnoj vodoopskrbi Europe



Izvor: EUROSTAT, EEA, RS C; ažurirano 2006.

Izradio: **umwelt**bundesamt<sup>®</sup>

## DODATAK 2 – POTREBNE INFORMACIJE O TOČKAMA MONITORINGA

Detaljne informacije o lokaciji trebaju biti dostupne i rutinski provjeravane. Te se informacije trebaju koristiti za procjenu prikladnosti lokacije koja će se koristiti za relevantni program monitoringa. U nastavku su sažeti elementi za karakteriziranje lokacija uzorkovanja.

Tabela 5: Informacije o točkama monitoringa – neophodni i poželjni faktori

Faktor	Točke praćenja kemijskog stanja	Točke praćenja količinskog stanja	Zahtjevi izvještavanja (još nisu finalizirani)
Praćeni vodonosnik (vodonosnici)	N	N	✓
Lokacija (oznaka mreže), naziv točke monitoringa i jedinstveni identifikator	N	N	✓
Cjelina podzemnih voda unutar koje se nalazi točka monitoringa	N	N	✓
Svrha (Svrhe) lokacije monitoringa	N	N	✓
Tip točke monitoringa – bušotina na obiteljskom gospodarstvu, industrijska bušotina, izvor itd.	N	N	✓
Dubina i promjer(i) bušotina/zdenaca	N	P	
Opis građevine na izvoru – integritet injekcijskih smjesa, nagib tla oko bušotine	N	N	
Dubina perforiranih/otvorenih dionica bušotina/zdenaca	P	P	
Ranjivost ili indikacija debljine i tipa podtla na točki monitoringa	N	P	
Vizualna ocjena područja prihranjivanja (uključujući korištenje prostora i pritiske, moguće izvore točkastih pritisaka)	N	P	
Strukturni detalji	N	N	
Zahvaćena količina ili ukupno ispušteno (na izvorima)	N	N	
Režim crpljenja (količinski opis – npr. povremeno, stalno, preko noći itd.)	P	N	
Smanjenje nivoa vode u zdencu zbog crpljenja	P	N	
Zona priljevnog područja/područja napajanja	P	P	
Dubina crpljenja	P	P	

Statična ili neporemećena razina vode (prije crpljenja)	P	N	
Visina repera i opis repera	P	N	
Arteški/Preljevni	N	N	
Karotaža bušotina (geološki)	P	P	
Značajke vodonosnika (transmisivnost, hidraulična vodljivost itd.)	P	P	

N... neophodan, P... poželjan

Za točke monitoringa količinskog stanja:

- Na točkama monitoringa ne bi se trebalo vršiti crpljenje ili bi se ono trebalo vršiti u vrlo kratkim razdobljima u točno definirana vremena, tako da izmjerene razine vode odražavaju prirodne uvjete.
- Lokacije bi se trebale nalaziti izvan neposrednog hidrauličnog utjecaja pritiska tako da u podacima ne budu vidljive svakodnevne varijacije u crpljenju.
- Veliki izvori mogu biti prikladni kada ukupni protoci premašuju 1 litru po sekundi.

Napominjemo da podaci s postaja koje funkcioniraju kao stalni eksploatacijski zdenci mogu biti prihvatljivi ako im je priložena detaljna evidencija crpljenja (npr. po satu).

### **DODATAK 3 – PREDNOSTI I NEDOSTACI KORIŠTENJA RASPOLOŽIVIH ZDENACA**

Mnogi nacionalni programi monitoringa u velikoj mjeri ovise o uzorkovanju na postojećim točkama istjecanja. Među njima, bušotine koje se koriste u javnoj vodoopskrbi imaju tu prednost da su manje-više stalno u pogonu. Stoga ih nije potrebno čistiti, uzorkovanje iz dostavne pumpe (često iz bočnog pipca) je jednostavno i relativno jeftino, a terenski pokazatelji se obično izravno određuju. Koriste se i bušotine privatnih kućanstava, industrije i za navodnjavanje, koje imaju mnoge od tih istih prednosti, osim što se možda ne koriste toliko redovito.

Kod nekih vodonosnika iskopani zdenci mogu biti brojni i pristupačni, ali mogu biti izloženi izravnoj infiltraciji ili plitkom onečišćenju, postoji vjerojatnost teškog čišćenja, a i plitki su zdenci reprezentativni samo za gornje dijelove vodonosnika.

Izvori podzemnih voda mogu biti jeftini i laki za uzorkovanje i uvijek ih treba razmatrati, osobito za one cjeline podzemnih voda koje su definirane u članku 7.1 ODV-a. Izvori sa velikom izdašnošću mogu biti osobito prikladni u planinskim i krškim područjima kada je teško pronaći ili postaviti odgovarajuće bušotine koje presijecaju glavne puteve tečenja kroz pukotine. Izvori sa slabom izdašnošću mogu imati plitke puteve tečenja osjetljive na lokalno onečišćenje, ne moraju biti reprezentativni za podzemnu vodnu cjelinu koja sadrži i duboke podzemne vode, te mogu biti podložni nepouzdanim ili povremenim tokovima za vrijeme suša, ili čak sezonski. Ponekad putevi tečenja mogu biti tako kratki i plitki da sadrže vodu jedino iz pokrovnih naslaga, a ne iz podinskih i prostranijih vodonosnika. Kada se vodonosnici prazne izravno u rijeke preporuča se povezivanje s mrežom praćenja površinskih voda, a kakvoća površinskih voda može biti najbolji pokazatelj kakvoće podzemnih voda.

Ako se podzemne vode koriste za zahvaćanje vode za piće, to valja imati na umu pri osmišljavanju mreže monitoringa. U mrežu se može uključiti reprezentativan odabir bunara/izvora vode za piće ili se mogu koristiti postojeći rezultati monitoringa vode za piće, no jedino ako se temelje na uzorcima sirove vode i po mogućnosti na uzorcima iz pojedinih bunara, a ne uzorci uzeti unutar distribucijskog sustava .

Uzorkovanjem na bušotinama za opskrbu vodom dobiva se uzorak iz perforiranog ili otvorenog dijela bušotine, koji može biti poprilično velik. Uzorak može sadržavati vodu različite starosti u vertikalnom intervalu koji se u cjelosti nalazi u homogenim vodonosnicima izgrađenih od međuzrnskih sedimentnih stijena ili, u vodonosnicima od raspucanih stijena, vodu iz zasebnih horizonata podzemnih tokova koje je bušotina presjekla. Osim kod izrazito

dobro proučenih i dokumentiranih bušotina za javnu vodoopskrbu, prava dubina porijekla uzorkovane podzemne vode nije sigurna, dok se mogu očekivati vertikalne varijacije u kakvoći podzemnih voda. Ako su radne bušotine za vodoopskrbu duboke, ali se zna ili očekuje da gornji vodonosni horizonti sadrže vodu lošije kakvoće, tada uzorkovanje iz bušotina za opskrbu vodom može dati preoptimističnu sliku o kakvoći podzemnih voda.

Kada hidrogeološki uvjeti upućuju na velike vertikalne varijacije u tipovima i karakteristikama vodonosnika, a analiza pritiska ili postojeći podaci o kakvoći daju naslutiti prisutnost stratificirane kakvoće podzemnih voda, tada za odgovarajući monitoring mogu biti potrebne zasebne točke uzorkovanja. Za to se može koristiti nekoliko pristupa, ali svi zahtijevaju dobro poznavanje uvjeta u podzemnim vodama i specijaliziranih građevinskih tehnika, i sve su skuplji, osobito u vodonosnicima s debelim nezasićenim zonama i raspucanim stijenama. U takvim situacijama nedostatak korištenja opservacijskih zdenaca je to što je potrebna namjenska crpka za uzorkovanje ili crpku svaki put treba donositi na lokaciju, te je potrebno odgovarajuće čišćenje kako bi se osiguralo da uzorak nije stajaća voda iz građevine. Iz tog razloga uzorkovanje traje duže i zahtijeva veći broj bolje obrazovanog osoblja. U slučajevima pak s plitkim zrnastim vodonosnicima s plitkim vodnim licem mogu biti isplative mreže monitoringa sastavljene jedino od opservacijskih bušotina. Na primjer, mreža monitoringa sastavljena od prostorno reprezentativne mješavine višerazinskih i jednorazinskih opažачkih bušotina dizajnirana korištenjem informacija o specifičnom korištenju prostora i hidrogeološkim karakteristikama može biti učinkovita u vodonosnicima s velikom prostornom varijabilnošću u kakvoći podzemnih voda. U svakom slučaju, odabir izvora, crpnih jama ili opažачkih bušotina traži procjenu puteva tečenja i karakteristična vremena putovanja, a uzorkovana voda treba biti razmjerno mlada kako bi ukazivala na učinke pritiska koji se razmatraju kao dio procesa karakterizacije i procjene rizika u skladu s ODV-om.

Mreže monitoringa mogu uključivati različite tipove niže opisane opreme i građevina. Njihove karakteristike za uzorkovanje podzemnih voda sažeto su navedene u tabeli koja slijedi. Odluke o vrstama opreme za uzorkovanje koje će se koristiti mogu imati važne posljedice po trošak monitoringa. U tabeli su navedene neke informacije o relativnim troškovima.

Tabela 6: Pregled karakteristika građevina za uzorkovanje podzemnih voda

Tip točke uzorkovanja	Karakter istjecanja	Zasebne vertikalne točke uzorkovanja	Količinska mjerenja	Tlačna proba/hidrauličko tečenje	Inertni materijali	Troškovi			Napomene
						Bušenje	Materijali	Uzorkovanje	
Postojeće točke uzorkovanja podzemnih voda									
Bušotina za javnu vodoopskrbu	Obično snažno i stalno	Preko filtra	Obično ometana crpljenjem	Podaci mogu postojati	Ne	Nema	Nema	Vrlo niski	
Bušotina za privatnu vodoopskrbu	Često slabo i povremeno	Preko filtra, no može biti plitka	Ponekad ometana crpljenjem	Podaci mogu postojati	Ne	Nema	Nema	Niski	Kod neredovito korištenih bušotina čišćenje može biti problem/ oduzimati mnogo vremena
Bušotina za potrebe navodnjavanja	Snažno, no može biti povremeno ili sezonsko	Preko filtra	Moguća u sezonama kada se ne provodi crpljenje	Podaci mogu postojati	Ne	Nema	Nema	Niski	Kada se bušotine ne koriste njihovo čišćenje može oduzimati mnogo vremena
Iskopana bušotina	Obično povremeno	Ne	Da, obično	Malo vjerojatno	Ne	Nema	Nema	Niski	Velika količina akumulirane vode u bušotini, teško čišćenje crpkom za uzorkovanje
Izvori velike izdašnosti	Snažno i stalno	Ne	Da, istjecaj	Ne	Nema materijala	Nema	Nema	Niski	Mogu imati velika slivna područja, dobri na krškim područjima
Izvori male izdašnosti	Može biti slabo i	Ne	Da, istjecaj	Ne	Ne	Nema	Nema	Nema	Mogu imati plitke, ranjive puteve



	sezonsko ili nepravilno									tečenja
<i>Namjenski izgrađene bušotine za opažanje ili monitoring</i>										
Jedan pijezometar	Slabo, potrebna je prijenosna crpka	Jedna, obično kratak filter blizu dna	Da	Da	Da	Umjereni	Niski	Umjereni, no potrebna je crpka		
Grupa pijezometara	Slabo, potrebna je prijenosna crpka	Nekoliko dubina	Da	Da	Da	Vrlo visoki	Visoki	Visoki, potrebna je crpka		
Baterija pijezometara u jednoj bušotini	Vrlo slabo, potrebna je prijenosna crpka	Dvije do pet	Da	Da	Da	Visoki	Visoki	Visoki		
Sustavi za uzorkovanje s više ulaza	Vrlo slabo, potrebna je prijenosna crpka	Mnogo	Neki tipovi	Neki tipovi	Da	Umjereni	Visoki	Visoki	Potrebne specijalne tehnike i znanja za ugradnju i pogon	

## DODATAK 4 – POČETNE UPUTE O ODABIRU POKAZATELJA

### NADZORNI MONITORING

Obvezni su sljedeći glavni pokazatelji:

- otopljeni kisik,
- pH vrijednost,
- električna vodljivost,
- nitrati,
- amonijak.

Uz to, ODV zahtijeva da popis ovih glavnih pokazatelja bude dopunjen pokazateljima koji ukazuju na utjecaj pritisaka utvrđenih kroz proces karakterizacije i procjene rizika. Valja napomenuti da kemijske tvari ili pokazatelji povezani s utvrđenim rizicima trebaju biti razmotreni za uspostavljanje graničnih vrijednosti podzemnih voda (standardi kakvoće) prema direktivi-kćeri o podzemnim vodama, a nadzorni i operativni monitoring će biti ključni koraci u tom pogledu. To također znači da monitoring treba provesti za sve tvari zbog kojih se cjeline (grupe cjelina) podzemnih voda karakteriziraju kao pod rizikom.

Premda to ODV ne zahtijeva, popis glavnih pokazatelja treba nadopuniti nizom anorganskih pokazatelja kako bi se dobili podaci za potrebe ocjene kakvoće i informacije o prirodnim temeljnim razinama podzemnih voda, vrijednostima temperature i razini vode. Isti će pružiti i nužne informacije kao potporu provjeri konceptualnog modela/razumijevanja cjeline podzemnih voda i pridonijeti većoj pouzdanosti procjene stanja.

Nadalje, mogu biti pridodane generičke vrste pokazatelja kao nadopuna procesa procjene rizika. One mogu uključivati pokazatelje opće industrijske aktivnosti, npr. trikloretilen i perkloretilen i urbanih područja, npr. Zn i B. Međutim, ti su pokazatelji nužni jedino kada utvrđeni pritisci imaju povećan utjecaj na status podzemnih vodnih cjelina. Za nadzorni se monitoring stoga preporučuje sljedeće:

- Glavna skupina pokazatelja uključivat će otopljeni kisik, pH, električnu vodljivost, nitrate, amonijak, temperaturu, niz glavnih iona i iona u tragovima, plus, prema potrebi, odabrane pokazatelje.
- Pokazatelji koji upućuju na rizike i utjecaje na podzemne vode od pritisaka utvrđenih kroz proces karakterizacije iz Dodatka II, uzimajući prema potrebi u obzir indikativan

popis onečišćujućih tvari utvrđenih u Dodatku VIII. U ovoj je fazi vrlo važno koristiti konceptualni model. Kako bi se utvrdio svaki pritisak koji djeluje na svako mjesto uzorkovanja, nužno je uzeti u obzir informacije dobivene iz konceptualnog modela.

- Temperaturu, otopljeni kisik, električnu vodljivost, pH treba mjeriti na terenu (na točki uzorkovanja), dok druge pokazatelje treba mjeriti/analizirati u laboratoriju. Prema potrebi mogu biti uključeni dodatni terenski parametri, poput redoks-potencijala (Eh) i mutnoće.
- Nije potrebno motriti svaku od 33 prioritetne tvari navedene u Dodatku X ODV-a. Među tim pokazateljima one koji trebaju biti uključeni u nadzorni program treba odabrati na temelju karakterizacije i potencijalnih rizika za podzemne vode i druge povezane recipijente, npr. površinske vode.
- Razmatranje i tvari u nastajanju i onih koje su postupno ukinute i više se ne koriste.

## **OPERATIVNI MONITORING**

Pored glavnih pokazatelja, na specifičnim će lokacijama ili širom cjelina podzemnih voda potrebno je motriti izborne pokazatelje, kada procjene rizika provedene kao dio procesa karakterizacije cjelina podzemnih voda upućuju da su one u opasnosti od neispunjavanja relevantnih ciljeva.

Kako je gore navedeno, te će pokazatelje trebati razmotriti pri određivanju graničnih vrijednosti za podzemne vode i rezultata monitoringa korištenih u procjeni klasifikacije stanja.

Pokazatelji će se odabirati na temelju svakog pojedinog slučaja, a na njihov će odabir djelovati i ODV-om predviđen rad na karakterizaciji nadopunjen, prema potrebi, drugim informacijama, uključujući postojeće podatke o kakvoći vode i lokalna znanja. Pokazatelji monitoringa kemijskoga stanja moraju se redovito pregledavati kako bi se osiguralo da pružaju reprezentativne informacije i podatke o kakvoći podzemnih voda i u cijelosti pridonose procjeni rizika.

Kao temelj za početan odabir pokazatelja mogu se koristiti općenite kategorije korištenja prostora/zemljišnog pokrova. Treba provesti pažljivu analizu tipova korištenja prostora/zemljišnog pokrova i prirode i približne količine korištenih kemikalija u suradnji s nadležnim lokalnim tijelima, te istu koristiti za utvrđivanje potencijalnih pokazatelja. Daljnje

ciljanje i optimizacija nizova pokazatelja trebaju se temeljiti na informacijama iz procesa karakterizacije.

## **PRISTUPI ZA ODABIR DODATNIH POKAZATELJA**

Sljedeći se pristupi mogu razmatrati pri odabiru dodatnih pokazatelja za monitoring. U programe monitoringa može biti uključen pokazatelj reprezentativan za industrijski antropogeni pritisak (npr. ugljikovodici, organokloridi). Za odabir tvari razmatraju se niže navedeni kriteriji. Uzimaju se u obzir hidrogeološke karakteristike cjeline podzemnih voda i njezina interakcija s cjelinama površinskih voda i povezanim kopnenim ekosustavima. Kriteriji su sljedeći:

- ekotoksikološka i toksikološka svojstva zagađivala,
- karakteristike zagađivala,
- antropogeni pritisci,
- putevi zagađenja,
- kvantitativni aspekti.

*Ekotoksikološki i toksikološki kriteriji:* Određivanje prioriteta tvari treba se temeljiti na procjeni izravnog rizika za vodene organizme i neizravnog rizika za zdravlje ljudi uslijed konzumacije vode za piće, slatkovodnih organizama i povrća. Rizik za vodne organizme uslijed interakcije s cjelinama površinskih voda treba procijeniti korištenjem ekotoksikoloških podataka kada su dostupni, a osobito akutnih i kroničnih biološkim testovima za lokalne vodene organizme različitih stupnjeva trofije.

*Karakteristike zagađivala:* Fizičko-kemijska svojstva kemikalija, osobito organskih kemikalija, među kojima su topivost u vodi, relativna gustoća, postojanost, koje se mjere parametrima razgradnje u tlu i vodi, i čitava skupina particijskih pokazatelja, uključujući koeficijent adsorpcije u tlo i biokoncentracijski faktor (BCF), unapređuju znanja o njihovoj sudbini u površinskim i potpovršinskim slojevima i vodnim cjelinama. Na temelju toga može se napraviti gruba analiza mobilnih ili potencijalno mobilnih i postojanih molekula, kao i korištenjem analizom indeksiranih ili složenijih modela koji omogućuju procjenu potencijala kemikalija za onečišćenje podzemnih voda i njihovu tendenciju širenja u različite dijelove okoliša. Fizičko-kemijska i kemijsko-dinamička svojstva mogu se pronaći u stručnoj literaturi. U registracijskim dosjeima sredstava za zaštitu bilja i biocide koji su prošli postupak

registracije sadržani su opsežni podaci, uključujući procjene rizika za aktivne sastojke, kao i za relevantne metabolite i produkte razgradnje, i dostupni su nadležnim tijelima.

*Antropogeni pritisci:* Pri određivanju pokazatelja može se uzeti u obzir sljedeći neiscrpan popis antropogenih pritisaka. Prisutnost i značaj pritiska odredit će se kroz proces procjene rizika predviđen ODV-om. Neke od aktivnosti mogu se odnositi i na staru infrastrukturu koja se više ne upotrebljava (industrijska-komunalna-poljoprivredna).

- poljoprivreda, stočarstvo (sastojci umjetnih gnojiva, sredstva za zaštitu bilja i biocidi i povezani produkti razgradnje i metaboliti, onečišćujuće tvari iz gnojidbe, te farmaceutski proizvodi (antibiotici, hormoni itd.);
- industrijske aktivnosti (lakiranje i odmašćivanje u proizvodnji metala, vlakna, boje, deterdženti, pocinčavanje, štavljenje kože, rudarenje, ekstrakcija ugljikovodičnog goriva i dodaci gorivu, uključujući proizvodnju i korištenje i gnojidbu);
- komunalne aktivnosti (upravljanje kanalizacijskim cjevovodima, upravljanje područjima za rekreaciju: umjetna gnojiva, sredstva za zaštitu bilja, biocidi i povezani produkti razgradnje i metaboliti, gospodarenje komunalnim muljem i otpadom);
- odlagališta otpada: istjecanje gore navedenih kategorija;
- transport;
- prekomjerno crpljenje podzemnih voda: obogaćivanje solju, koncentracija i zahvaćanje onečišćujućih tvari iz susjednih onečišćenih voda.

*Putevi zagađenja:*

- procesi izluživanja iz raspršenih izvora
- iznenadni izljevi, istjecanja iz točkastih izvora
- onečišćene površinske vode koje napajaju vodonosnike
- prodor slane vode
- atmosfersko taloženje

*Kvantitativni aspekti:* Pri odabiru dodatnih pokazatelja prioritet treba dati onim tvarima čije se velike količine koriste u zoni prihranjivanja cjeline podzemnih voda. Kvantificiranje tereta zagađivala, informacije o količini proizvodnje kemikalija, neizravna ocjena na temelju

podataka o prodaji itd., prikupljanje povijesnih podataka monitoringa koji mogu potvrditi ekološki značaj odabranih zagađivala, dostupnost i praktičnost analitičkih metoda.

## STUDIJA SLUČAJA – NIZOZEMSKA

### Temeljne informacije

**Naziv studije slučaja:** Učestalost praćenja kakvoće podzemnih voda

**Tip studije slučaja:** Nacionalna nizozemska mreža praćenja kakvoće podzemnih voda

**Web-link:** <http://www.rivm.nl/milieuStoffen/miliemeting/Meetnetten/Img/index.jsp#tcm:4-587>

### Cilj studije slučaja

Cilj ove studije slučaja je pokazati da učestalost uzimanja uzoraka radi praćenja kakvoće podzemnih voda ovisi o ukupnoj strategiji monitoringa, karakteristikama lokacije uzorkovanja i iskustvu stečenom tokom monitoringa.

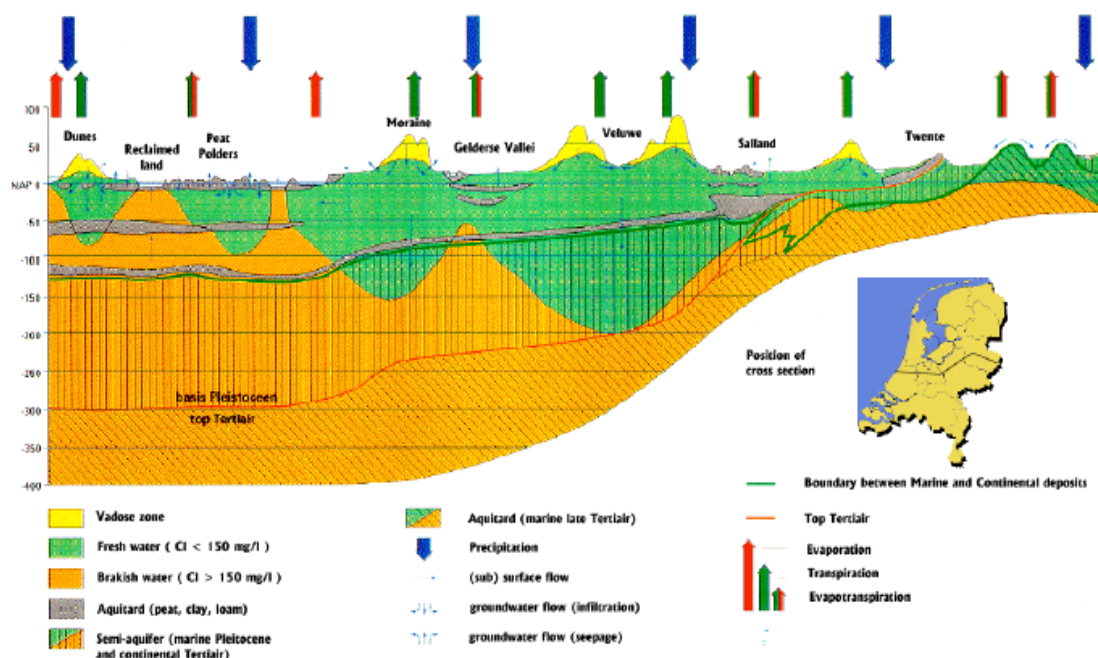
### Doprinos

**Fokus ODV-a:** monitoring, kakvoća podzemnih voda

**Posebni doprinosi:** učestalost uzorkovanja, strategija monitoringa, konceptualni model

### Karakterizacija

Nizozemska se u načelu sastoji od jednog jedinog pješčanog vodonosnika. Taj je vodonosnik podijeljen u 20 cjelina podzemnih voda imajući na umu hidrogeološke uvjete, stanje, zaštitu i aspekte upravljanja vodama. Gornji slojevi u glini i tresetu (oko 3 m) tretiraju se kao zasebne cjeline podzemnih voda usko povezane s cjelinama površinskih voda.



Slika 1: Shematski presjek podtla Nizozemske u smjeru istok-zapad. Podtlo karakteriziraju morski i kontinentalni depoziti većinom iz pleistocena i kasnog tercijara (izvor: Dufour, 1998.).

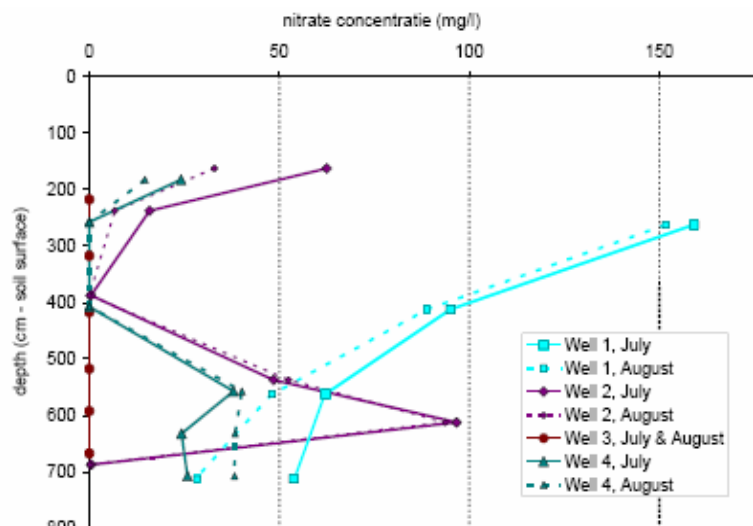
(Dunes – dine, Reclaimed land – isušeno zemljište, Peat polders – polderi od treseta, Moraine – morena, Basis Pleistocene – temelj pleistocen, top Tertiary - vrh tercijar, position of cross section – položaj presjeka, vadoso zone – vadozna zona, fresh water – slatka voda, brackish water – bočata voda, aquitard (peat, clay, loam) – akvitard

(trest, glina, suglina), semi-aquifer (marine Pleistocene and continental Tertiary) – polu-vodonosnik (morski pleistocen i kontinentalni tercijar), aquitard (marine late Tertiary) – akvitard (morski kasni tercijar), precipitation – oborine, (sub)surface flow – (pot)površinski tok, groundwater flow (infiltration) – tok podzemnih voda (infiltracija), groundwater flow (seepage) – tok podzemnih voda (procjeđivanje), boundary between marine and continental deposits – granica između morskih i kontinentalnih depozita, evaporation – evaporacija, transpiration – transpiracija, evapotranspiration – evapotranspiracija)

Nacionalna nizozemska mreža praćenja kakvoće podzemnih voda (LMG), uspostavljena između 1979. i 1984., uključuje oko 360 lokacija raspoređenih po čitavoj državi (Van Duijvenbooden, 1987.). Glavni kriteriji za odabir lokacija bili su vrsta tla, korištenje prostora i hidrogeološko stanje. Na svakoj lokaciji uzorak podzemne vode uzima se na dubinama od oko 10 i 25 m ispod površine korištenjem posebnih opažajkih bušotina s filtrima dugima oko 2 m. Od 1984. do 1988. uzorci su na tim lokacijama uzimani svake godine, a rezultate su objavili Reijnders et al. (1998), Fraters et al. (2004), te Pebesma & De Kwaadsteniet (1997). Nakon što je 1998. napravljena procjena dizajna mreže (Wever & Bronswijk, 1998), učestalost uzorkovanja smanjena je za određene kombinacije vrste tla i dubine. Plitki filtri u pjeskovitim krajevima se i dalje uzorkuju svake godine. Plitki filtri u drugim krajevima (glina i treset) se uzorkuju svake dvije godine. Duboki filtri se uzorkuju svake četiri godine. Plitki filtri s visokim koncentracijama klorida (više od  $1000 \text{ mg l}^{-1}$  zbog utjecaja mora) se također mjere svake četiri godine. Naposljetku, uklonjene su kombinacije filtara bušotina kojima su dominirali lokalni uvjeti (npr. obližnje rijeke i lokalni izvori onečišćenja). Na taj je način broj filtara na kojima svake godine treba izvršiti uzorkovanje smanjen sa 756 na oko 350.

### Stečena iskustva – Zaključci – Preporuke

Kakvoća podzemnih voda u nizozemskim cjelinama podzemnih voda pokazuje veliku varijabilnost u prostoru (i horizontalno i u dubinu) razmjernu varijabilnosti u vremenu, čak i u gornjih pet metara podzemne vode (slika 1). Pri dizajniranju mreže na temelju konceptualnog modela toka podzemnih voda određena je učestalost uzorkovanja od jednom godišnje. Temeljem neto godišnje količine oborina u Nizozemskoj pretpostavljena je neto vertikalna stopa infiltracije od  $1 \text{ m a}^{-1}$ , što dovodi do minimalne starosti podzemnih voda od oko 10 i 15 godina na dvije dubine monitoringa. Te su starosti kasnije potvrđene mjerenjem tritija. Vertikalna brzina prijenosa od  $1 \text{ m a}^{-1}$  and 2 m dugi filtri dovode do zamjene vode oko filtra svake dvije godine. Uz takvu stopu zamjene, godišnja učestalost monitoringa dovoljna je za potrebe određivanja trenda. Podaci koji obuhvaćaju više od 10 godina pokazuju da bi se pod određenim hidrološkim uvjetima i uvjetima u tlu učestalost uzorkovanja mogla smanjiti s jednom godišnje na jednom svake dvije ili četiri godine bez gubitka informacija. Nakon optimizacije mreže, za procjenu trendova koristi se specifična skupina mjera uz visoku učestalost uzorkovanja, tj. procjenu učinaka mjera. Čitave



Slika 2: Koncentracija nitrata u gornjih pet metara podzemnih voda u četiri zdenca s više filtara na mljekarskoj farmi površine 40 ha u Nizozemskoj. Zdenca s filtrima dugima 0,25 m uzorkovani su u srpnju i kolovozu 2005. (RIVM, neobjavljeni podaci)



skupine lokacija koriste se za *procjenu stanja* uz učestalost mjerenja jednom u svake četiri godine (Broers, 2002.). Osim toga, učestalosti mogu biti različite za različite kemijske parametre, npr. manja učestalost za metale koji pokazuju sporije premještanje u tlu.

Dizajniranje i rad mreže monitoringa je iterativan proces. Konceptualni model brzine prijenosa i analiza izvora odstupanja za željene parametre preduvjet su za učinkoviti monitoring. On čini temelj za određivanje broja lokacija, vrste zdenaca, broja, vrsta i dubina filtra i učestalosti uzorkovanja. Sve te aspekte dizajna treba suvislo razmotriti.

#### **Izgledi – Idući koraci – Dostupnost rezultata:**

Podaci su dostupni na adresi: [http://milntj34.rivm.nl/website/lmg\\_eng/viewer.htm](http://milntj34.rivm.nl/website/lmg_eng/viewer.htm):

- Broers, H.P. (2002). Strategies for regional groundwater quality monitoring. Netherlands Geographical Studies no. 306, Ph.D. Thesis University of Utrecht, the Netherlands.
- Dufour, F.C. (1998) Grondwater in Nederland; Onzichtbaar water waarop wij lopen. Geologie van Nederland deel 3. Delft, the Netherlands, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO [265p].
- Fraters, B., Hotsma, P.H., Langenberg, V.T., Van Leeuwen, T.C., Mol, A.P.A., Olsthoorn, C.S.M., Schotten, C.G.J. & Willems, W.J. (2004) Agricultural practice and water quality in the Netherlands in the 1992-2002 period. Background information for the third EU Nitrates Directive Member States report. Bilthoven, the Netherlands, RIVM report no. 500003002 [178p].
- Pebesma, E.J. & De Kwaadsteniet, J.W. (1997) Mapping groundwater quality in the Netherlands. Journal of Hydrology 200, 364-386.
- Reijnders, H.F.R., Van Drecht, G., Prins, H.F. & Boumans, L.J.M. (1998) The quality of groundwater in the Netherlands. Journal of Hydrology, 207, 179-188.
- Van Duijvenbooden, W. (1987) Groundwater quality monitoring networks: design and results. In: W. van Duijvenbooden & H.G. van Wageningen (eds.), Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants. Proc. Intern. Conf., Noordwijk aan Zee, the Netherlands, 30 March – 3 April 1987, 179-191.
- Wever D., Bronswijk J.J.B. (1998) Optimalisatie van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit [Optimisation of the Dutch National Groundwater Quality Monitoring Network]. Bilthoven, the Netherlands, RIVM report nr.714851002, 27 p.

## STUDIJA SLUČAJA – AUSTRIJA

<b>Temeljne informacije</b>
<b>Naziv studije slučaja:</b> Nacionalni monitoring kakvoće voda u Austriji
<b>Tip studije slučaja:</b> Nacionalna mreža praćenja kakvoće voda
<b>Web-link:</b> <a href="http://gis.umweltbundesamt.at/austria/wasser/Default.faces">http://gis.umweltbundesamt.at/austria/wasser/Default.faces</a>
<b>Cilj studije slučaja:</b> Demonstrirati poslovna pravila monitoringa i aspekte jamstva kakvoće
<b>Doprinos</b>
<b>Fokus ODV-a:</b> monitoring kakvoće podzemnih voda
<b>Posebni doprinosi:</b> organiziranje, postupak, troškovi, jamstvo kakvoće
<b>Karakterizacija</b> <p>Standardizirano praćenje kakvoće voda temeljeno na pravnim odredbama u Austriji je započelo 1991. godine. Program monitoringa obuhvaća podzemne vode u poroznim medijima, podzemne vode u kršu i raspucanim stijenama i tekućice.</p> <p>Monitoring kakvoće vode provodi se za čitavo područje Austrije u periodičkim ciklusima. Glavni su mu ciljevi procijeniti trenutno stanje austrijskih voda na temelju temeljite i pouzdane baze podataka i otkriti negativna kretanja u ranoj fazi. Na temelju tog programa mogu se uvesti mjere za preokretanje negativnih kretanja.</p> <p>Lokacije za uzorkovanje podzemnih voda raspoređene su na svim područjima podzemnih voda. Radi se razlika između podzemnih voda u poroznim medijima i podzemnih voda u kršu i raspucanim stijenama. Kada se radi o podzemnim vodama u poroznom mediju, razlikuju se neprekinute i prekinute cjeline podzemnih voda. Neprekinute cjeline podzemnih voda mogu se naći uglavnom na ravničarskim krajevima i dolinama uz rijeke. Male, prekinute cjeline podzemnih voda grupirane su u tzv. „regije podzemnih voda“. Podzemne vode u kršu (karbonatne stijene) i u raspucanim stijenama (kristalinske stijene) razlikuju se prema hidrokemijskim kriterijima.</p>
<b>Stečena iskustva – Zaključci – Preporuke</b>
<b>Procedura / Poslovna pravila</b> <p>Za vođenje austrijske mreže praćenja kakvoće voda zajednički su odgovorna savezna i pokrajinska tijela:</p> <p>Na federalnoj razini, savezno Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva, okoliša i vodnoga gospodarstva, Odjel upravljanja vodama, odgovorno je za:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- integrativnu procjenu podataka,</li><li>- godišnju objavu rezultata,</li><li>- osiguravanje ujednačenih procedura širom Austrije, te</li><li>- pokrivanje većeg dijela troškova.</li></ul>

Predsjednik pokrajine odgovoran je za:

- operativno upravljanje (poziv na dostavu ponuda, nadmetanje, nadgledanje izvođača radova za vrijeme uzimanja i analiziranja uzoraka, kontrola kakvoće primljenih podataka, dostava podataka na savezne razinu),
- pokrivanje dijela troškova, te
- suradnja na razradi i dopunjavanju smjernica.

Dogovorena je odgovornost savezne Agencije za zaštitu okoliša za:

- razvoj informacijske tehnologije i upravljanje podacima,
- tehničku suradnju na analiziranju i procjeni podataka,
- izvještavanje/izradu dvogodišnjih izvješća u suradnji sa saveznim Ministarstvom poljoprivrede, šumarstva, okoliša i vodnoga gospodarstva.

### **Ciklus monitoringa / Učestalost / Skupine parametara**

Monitoring je ciklični postupak u trajanju od 6 godina:

- jedna godina početnog istraživanja (prošireni parametri) i
- pet godina ponovljenog istraživanja (minimalni zahtjev na temelju rezultata početnog istraživanja).

Podzemne se vode opažaju četiri puta godišnje, a ponekad samo dvaput godišnje – u cjelinama podzemnih voda u kojima nema onečišćenja.

Parametri koji se prate u podzemnim vodama i tekućicama su podijeljeni u tri skupine koje čini oko 100 različitih parametara.

### **Poziv na dostavu ponuda**

Uzorkovanje i analizu parametara obično provode privatni akreditirani laboratoriji (EN 45000). Ugovor se dodjeljuje na temelju kriterija cijene i kakvoće („načelo ponude s najboljim omjerom troškova i koristi“) kako bi se dobila najbolja kakvoća po razumnoj cijeni.

Nadmetanje vode pokrajinska tijela na temelju cjelina podzemnih voda i skupina parametara.

### **Proračun / Financijska raspodjela troškova monitoringa**

Sve troškove monitoringa kakvoće voda u Austriji snose javna tijela. Prema Zakonu o hidrografiji, savezna tijela snose sve troškove vezane uz mrežu monitoringa. Dvije trećine troškova uzorkovanja i analize snose savezna tijela, a jednu trećinu pokrajinska tijela.

U razdoblju između 1990. i 2005. za praćenje kakvoće voda u Austriji utrošeno je ukupno 43 milijuna eura:

- 2,7 milijuna eura za odabir i uspostavljanje lokacija za uzorkovanje, te
- 2,3 – 3 milijuna eura godišnje za uzimanje i analiziranje uzoraka.

Prosječan trošak po uzorku podzemne vode (od 70 do 100 parametara) iznosi oko 300 eura.

### **Jamstvo kakvoće**

Radi osiguranja najbolje kakvoće analitičkih rezultata u program monitoringa uvedeni su različiti elementi jamstva kakvoće:

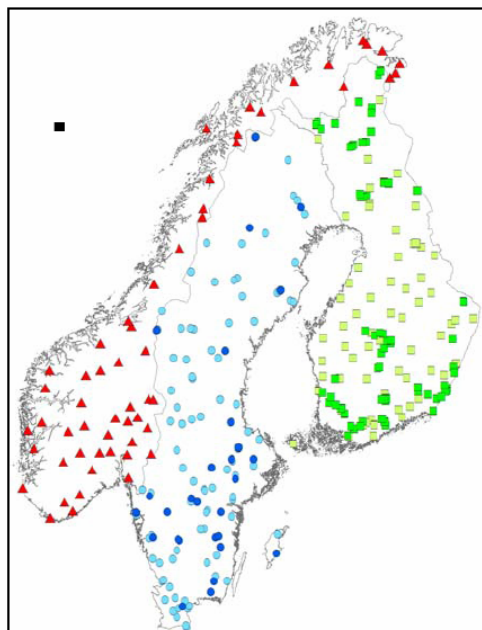
- standardizirana dokumentacija za nadmetanje u čitavoj zemlji,
- akreditirani laboratoriji,
- u dokumentaciji za nadmetanje pružiti ključne vrijednosti analitičkih procedura,
- standardizirana procedura (smjernice), uključujući metode uzorkovanja,
- kontrolni posjeti laboratorijima (kontrola prije dodjele ugovora i za vrijeme razdoblja monitoringa),
- obvezno sudjelovanje na tečajevima o uzorkovanju,
- obvezno sudjelovanje u (međunarodnim) kružnim ispitivanjima,
- kontrolni sustav (projekt ispitivanja napretka za analizu vode) u rutinskom radu s povećanim brojem uzoraka – provodi Zavod za agrobiotehnologiju (IFA-Tulln), te
- minimalni zahtjevi za granicu kvantifikacije i granicu detekcije.

**Izgleđi – Idući koraci – Dostupnost rezultata:**

Mreža monitoringa je prilagođena do kraja 2005. Nova mreža monitoringa mora biti operativna do prosinca 2006. godine.

## STUDIJA SLUČAJA – FINSKA, ŠVEDSKA, NORVEŠKA

Temeljne informacije
<b>Naziv studije slučaja:</b> INFORM – <b>I</b> nterkalibriranje <b>f</b> enoskandinavskog <b>r</b> eferentnog <b>m</b> onitoringa podzemnih voda u Finskoj, Švedskoj i Norveškoj
<b>Tip studije slučaja:</b> Regionalna studija, uključene organizacije Finska Finski institut za okoliš, SYKE Finski geološki institut, GTK Švedska Švedski geološki institut, SGU Norveška Norveški geološki institut, NGU Norveška uprava za vodne resurse i energetiku, NVE
<b>Web-link:</b>
<b>Cilj studije slučaja:</b> Studija će uključivati ocjenu dizajna i rada sustava monitoringa, reprezentativnosti u pogledu tipologije podzemnih voda i drugih prirodnih pokazatelja, te djelotvornosti i isplativosti kako bi se mogla preporučiti zajednička fenoskandinavska referentna mreža za praćenje podzemnih voda.
<b>Doprinos</b>
<b>Fokus ODV-a:</b> referentni monitoring, prirodne temeljne razine, prirodni trendovi
<b>Posebni doprinosi:</b> tipologija fenoskandinavskog vodonosnika, interkalibracija strategija, metoda i mreža, zajednička fenoskandinavska referentna mreža
<b>Karakterizacija</b> Zajednička mreža za referentno praćenje podzemnih voda u Finskoj, Švedskoj i Norveškoj sadrži ukupno oko 230 postaja ili 1 postaju na 4665 km <sup>2</sup> . Odgovorne vladine agencije u trima državama provodit će ovaj zajednički projekt u 2006.-07. sa sljedećim ciljevima: <ul style="list-style-type: none"><li>- Interkalibriranje dizajna i rada <i>sustava</i> za referentno praćenje podzemnih voda u Finskoj, Švedskoj i Norveškoj, uključujući tipologiju podzemnih voda i reprezentativnost postaja monitoringa.</li><li>- Interkalibriranje kakvoće podzemnih voda za referentno praćenje u svakoj od triju država (npr. usporedivost kakvoće vode za podzemne vode s usporedivim hidrogeološkim porijeklom, međulaboratorijska usporedba itd.).</li><li>- Izrada zajedničke skupine podataka za referentnu kakvoću podzemnih voda u Finskoj, Švedskoj i Norveškoj, za znanstvenu analizu i za korištenje u praktičnim aspektima povezanim s ODV-om (npr. temeljne vrijednosti, praćenje prekograničnih vodonosnika, određivanje graničnih vrijednosti itd.).</li></ul>

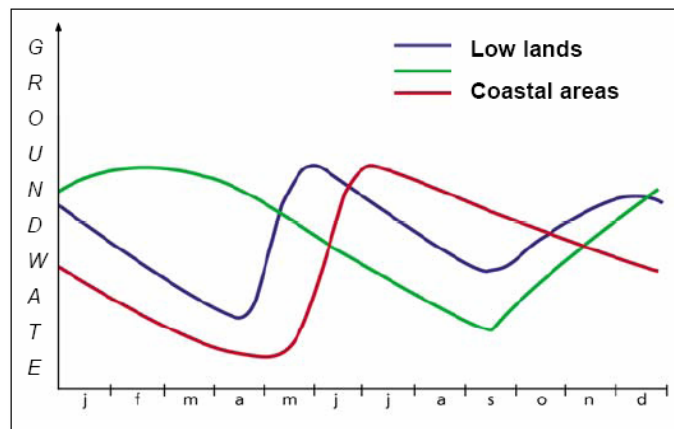
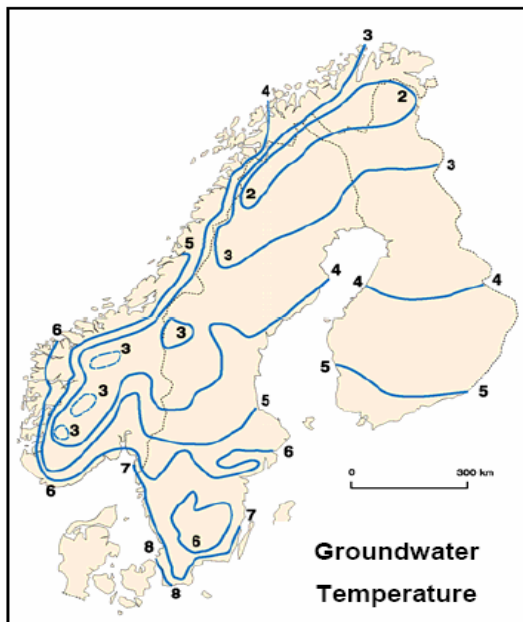


- Razvijanje i davanje preporuka za zajedničku fensokandinavsku mrežu za referentni monitoring podzemnih voda povezan s ODV-om, s ciljem razvijanja djelotvornije i isplativije zajedničke mreže u usporedbi s tri postojeće referentne mreže u Finskoj, Švedskoj i Norveškoj.

### Stečena iskustva – Zaključci – Preporuke

Finska, Švedska i Norveška po pitanju podzemnih voda od 2002. godine surađuju na poslu koji se u svakoj od njih obavlja na provedbi ODV-a. Ta suradnja počiva na zajedničkom temelju prirodnih uvjeta, poput geologije, klime i demografije, i želje za razmjenom iskustava i na nacionalnoj razini i po pitanju EU-a. Pored pitanja vezanih uz ODV, suradnjom su aktivirane znanstvene teme koje traže zajedničke aktivnosti. Ovdje zanimljiva tema je varijacija u kemijskom sastavu podzemnih voda u tri države, i u funkciji geološkog sastava temeljne stijene i mlađe kvartarne geologije.

Ranija suradnja dovela je do npr. regionalnog pregleda temperature podzemnih voda i varijacija u razini podzemnih voda koja se kontrolira mehanizmom napajanje-istjecanje, koji pak uvelike ovisi o klimi.



### Izgleđi – Idući koraci – Raspoloživost rezultata:

Projektne aktivnosti podijeljene su u dvije glavne kategorije – A Dokumentacija i B Prikupljanje podataka.

A – Ovaj se posao sastoji od analize postojeće dokumentacije za dizajniranje i pogon sustava monitoringa u svakoj državi, uključujući:

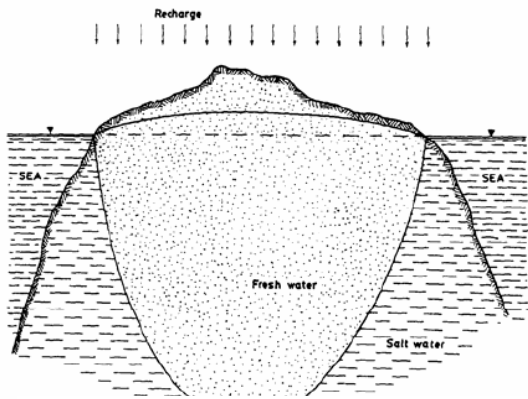
- kriterije za lociranje postaja monitoringa i za gustoću postaja, tj. tipologija i reprezentativnost,
- sadržaj, metode i učestalost prikupljanja kvantitativnih i kvalitativnih podataka,
- metoda i promjenjivost pohranjivanja podataka (baze podataka),
- procjena i odabir zajedničke skupine podataka za referentnu kakvoću podzemnih voda, nakon završetka dijela B, te
- procjena i davanje preporuke o zajedničkoj fensokandinavskoj mreži za referentni

monitoring podzemnih voda povezan s ODV-om.

B – Ova aktivnost uključuje prikupljanje i analiziranje vremenski kontroliranu seriju uzoraka podzemnih voda sa svih postaja monitoringa u svakoj državi, uključujući i jednu zajedničku seriju uzoraka za interkalibraciju laboratorijskih analiza

Rezultati projekta bit će objavljeni u nacionalnim izvješćima, međunarodnim publikacijama i u obliku digitalnih karata na kojima će biti prikazani podaci o kakvoći podzemnih voda širom fensokandinavske regije.

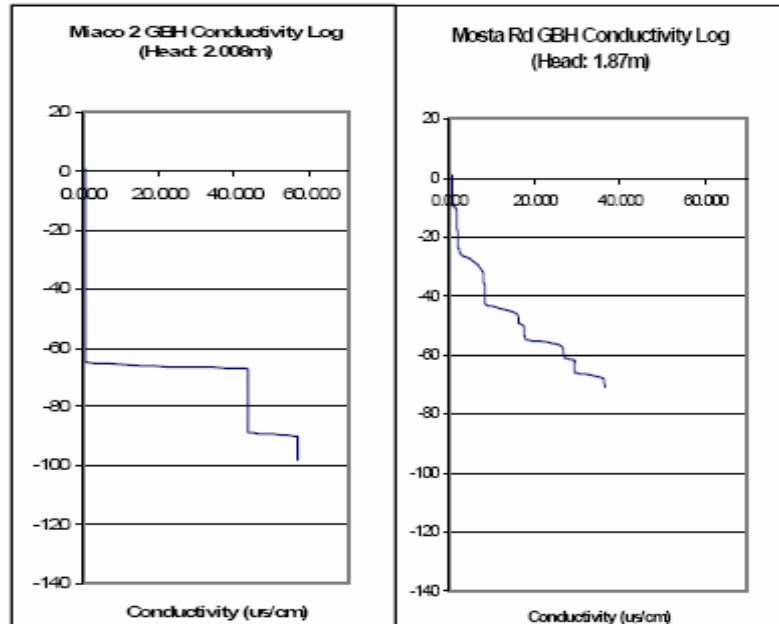
## STUDIJA SLUČAJA – MALTA

<b>Temeljne informacije</b>
<b>Naziv studije slučaja:</b> Praćenje količinskog stanja na malim otocima
<b>Tip studije slučaja:</b> Ispitivanje pouzdanosti razine podzemnih voda kao pokazatelja količine podzemnih voda
<b>Web-link:</b> <a href="http://www.mra.org.mt/wfd_introduction.shtml">http://www.mra.org.mt/wfd_introduction.shtml</a>
<b>Cilj studije slučaja:</b> Istraživanje iskoristivosti razine podzemnih voda kao mjere za određivanje stanja
<b>Doprinos</b>
<b>Fokus ODV-a:</b> monitoring količinskog stanja podzemnih voda
<b>Posebni doprinosi:</b> najbolja praksa u praćenju količinskog stanja
<b>Karakterizacija</b>
<p>Cjelina podzemnih voda nazvana „Malta Main Mean Sea Level“ nalazi se u nižem koraljnom vapnenačkom vodonosniku i u slobodnom je kontaktu s morskom vodom. Ova se cjelina podzemnih voda proteže preko cijelog južnog i središnjeg dijela otoka i nadaleko je najveća cjelina podzemnih voda na malteškim otocima iz koje se dobiva oko 66% svih podzemnih voda koje se zahvaćaju na Malti.</p> <p>Cjelina podzemnih voda može se usporediti sa slatkovodnom cjelinom u obliku leće koja pluta na slanijoj vodi, a ima konveksnu pijezometrijsku plohu i obrnuto konkavnu granicu razdjela koja se nagnje prema kopnu. Primjenom Ghyben-Herzbergerovog modela, debljina leće ispod razine mora je otprilike 36 puta veća od njezine pijezometrijske visine iznad razine mora.</p> <p>U stvarnosti, međutim, podzemna površina (granica) razdjela koja razdvaja slatku od slane vode nije oštra granična linija. To je zapravo zona miješanja čije se granice općenito određuju prema 1 and 95% sadržaja morske vode, i naziva se prijelaznom zonom. Debljina te zone ovisi i o hidrodinamičkim karakteristikama vodonosnika i fluktuacijama slatke i slane vode.</p>
 <p>Na shemi je prikazana Ghyben-Herzbergova (plutajuća) cjelina podzemnih voda na otoku. Valja napomenuti da su vertikalne dimenzije jako preuveličane u odnosu na horizontalne dimenzije. Zapravo, ako se razmotri situacija na Malti, za otok širine otprilike 13 km, leća postiže najveću debljinu od oko 100 m (izvor: UNESCO). (recharge – napajanje, sea – more, fresh water – slatka voda, salt water – slana voda)</p>
<b>Stečena iskustva – Zaključci – Preporuke</b>
<p>Količinsko stanje takve vodne cjeline (morska razina-otok-podzemne vode) ovisi ne samo o hidrauličkoj visini tlaka, već i o vertikalnoj raspodjeli sadržaja klora unutar cjeline. Samo mjerenje pijezometrijske visine stoga možda neće biti dovoljno za učinkovito praćenje stanja. To je osobito slučaj onda kada hidrodinamičke karakteristike vodonosnika koji podržava cjelinu podzemnih voda preferiraju javljanje široke prijelazne zone.</p>



Pilot projekt je pokrenut na Malti i uključivao je pet dubokih mjernih bušotina u kojima se karotaža električne provodljivosti provodila svake dvije godine. Dubina tih bušotina bila je tolika da je premašivala teoretski položaj granice razdjela. Proces je uključivao očitavanje vodljivosti pomoću sonde na razmacima od 1 metra unutar bušotine.

Upućuje se na rezultate dobivene iz dvije od tih mjernih bušotina - Miaco 2, smještene na južnom dijelu otoka, i Mosta Road, smještene na sjevernom/središnjem dijelu otoka. Na obje je bušotine zabilježena gotovo ista hidraulička visina tlaka iznad srednje razine mora, koja iznosi 2,0 m za Miaco 2 GBH, a 1,9 m za Mosta Road GBH. Ti podaci bi sami za sebe upućivali na to da te dvije postaje monitoringa predstavljaju područja cjelina podzemnih voda s istim količinskim stanjem. Međutim, rezultati karotaže električne provodljivosti naznačuju da se njihovo količinsko stanje znatno razlikuje.



Karotaža električne provodljivosti za bušotine  
Miaco 2 i Mosta Road

Kod bušotine Miaco 2 GBH evidentirana je oštra granica između slatkovodne i slane vode, a dubina slatke vode prešla je 60 m ispod srednje razine mora. Rezultati iz bušotine Mosta Road GBH ukazuju na to da je ometanje cjeline podzemnih voda dovelo do formiranja prijelazne zone, čija je debljina procijenjena na više od 40 m. U ovom se slučaju slatka voda nalazila na području od 10-20 m ispod srednje razine mora.

Ovi podaci ukazuju na to da ODV-om predviđena mjerenja radi određivanja količinskog stanja u takvim slučajevima, kada su količinsko i kvalitativno stanje podzemnih voda međusobno povezani, ne moraju biti dovoljna za učinkovitu procjenu stanja.

### Izgledi – Idući koraci – Raspoloživost rezultata:

Radi se na prijedlozima za usvajanje praćenja podzemnih voda na Malti u skladu sa zahtjevima ODV-a. Po pitanju cjelina podzemnih voda na razini mora, predlaže se da se u početku uspostavi osnovna na geometriji utemeljena mreža praćenja razine vode, u sklopu koje bi se kontinuirano pratila razina podzemnih voda. Te će postaje monitoringa naknadno biti produbljene kako bi se omogućilo tromjesečno prikupljanje profila o provodljivosti podzemnih voda na svim postajama monitoringa. Planira se da će osnovna mreža postati operativna do prosinca 2006. Vremenski raspored za kasnije unapređivanje mreže još se utvrđuje.

Prijedlozi praćenja koje je izradilo Malteško tijelo nadležno za vodne, energetske i mineralne resurse (MRA) bit će stavljeni na javnu raspravu na internetskom portalu MRA-a. Na istoj će stranici kasnije biti dostupan konačni plan monitoringa i procjena njegove učinkovitosti nakon prvih rezultata monitoringa.

## STUDIJA SLUČAJA – SJEVEROZAPADNA I SREDIŠNJA EUROPA

<b>Temeljne informacije</b>
<b>Naziv studije slučaja:</b> Praćenje učinkovitosti akcijskih programa predviđenih Direktivom o nitratima
<b>Tip studije slučaja:</b> regionalna studija; uključene organizacije: instituti za zaštitu okoliša i poljoprivredu iz Austrije, Belgije, Danske, Irske, Nizozemske, Njemačke, Švedske, Ujedinjene Kraljevine
<b>Web-link:</b> <a href="http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500003007.html">http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500003007.html</a>
<b>Cilj studije slučaja:</b> Pokazati da praćenje učinkovitosti programa mjera predviđenih ODV-om (Dodatak VII, B.2) zahtijeva posebnu pažnju, na primjer izradom programa praćenja za „rano upozoravanje“.
<b>Doprinos</b>
<b>Fokus ODV-a:</b> monitoring, program mjera, ciljevi zaštite okoliša
<b>Posebni doprinosi:</b> praćenje učinka mjera, konceptualni model, odabir lokacija uzorkovanja
<b>Karakterizacija</b> Okvirna direktiva o vodama (ODV) zahtijeva da sve države članice EU-a izrade plan mjera za svaki riječni sliv, uzimajući u obzir karakterizaciju i pregled učinka aktivnosti na okoliš kako bi se ispunili ciljevi ODV-a. Prva ažurirana verzija plana upravljanja riječnim slivom (2015.) treba sadržavati i procjenu ostvarenog napretka prema ostvarivanju ciljeva zaštite okoliša. Operativni monitoring, potreban radi određivanja kemijskog stanja i prisutnosti dugoročnih trendova u koncentracijama zagađivala izazvanih ljudskim aktivnostima, može se koristiti i za procjenu učinkovitosti programa mjera. Za izradu programa operativnog monitoringa predviđenog ODV-om mogu se koristiti iskustva stečena iz postojećih programa monitoringa učinka izrađenih u skladu s Direktivom o nitratima. Direktiva o nitratima (91/767/EEC) zahtijeva da sve države članice EU-a izrade akcijske programe za područja ranjiva na nitrata i da prate ne samo kakvoću podzemnih i površinskih voda, već i učinkovitost tih akcijskih programa. U nekoliko država članica EU-a na snazi su posebno osmišljeni programi za praćenje učinkovitosti akcijskih programa predviđenih Direktivom o nitratima. 2003. godine bila je organizirana radionica radi razmjene iskustava i utvrđivanja zajedničkih ciljeva, problema i rješenja za unapređivanje programa monitoringa i, po mogućnosti, za unapređivanje usporedivosti.
<b>Stečena iskustva – Zaključci – Preporuke</b> Pri praćenju učinaka mjera na kakvoću vode možemo ocijeniti argumente koji govore za i protiv svake od tih mogućnosti. Potrebno je razmotriti sljedeća tri faktora: 1. Vrijeme između provedbe mjere i trenutka kada će doći do promjene u kakvoći vode kao posljedici te mjere – to nazivamo kašnjenje. 2. Mogućnost razlikovanja između učinaka različitih mjera, radnji i/ili izvora onečišćenja – to nazivamo moć rezolucije.

3. Pojava ometajućih procesa u tlu i vodnom sustavu, na primjer, denitrifikacija snižava koncentraciju nitrata tijekom transporta vode kroz tlo i/ili sustav površinske vode.

U donjoj je tabeli prikazana važnost tih faktora za svaku od glavnih mogućnosti monitoringa (vidjeti sliku). Očito je da što je izvor onečišćenja bliže, to je vrijeme između mjere i njezinog učinka kraće i manje su šanse da drugi izvori sustavnih procesa mogu utjecati na kakvoću vode.

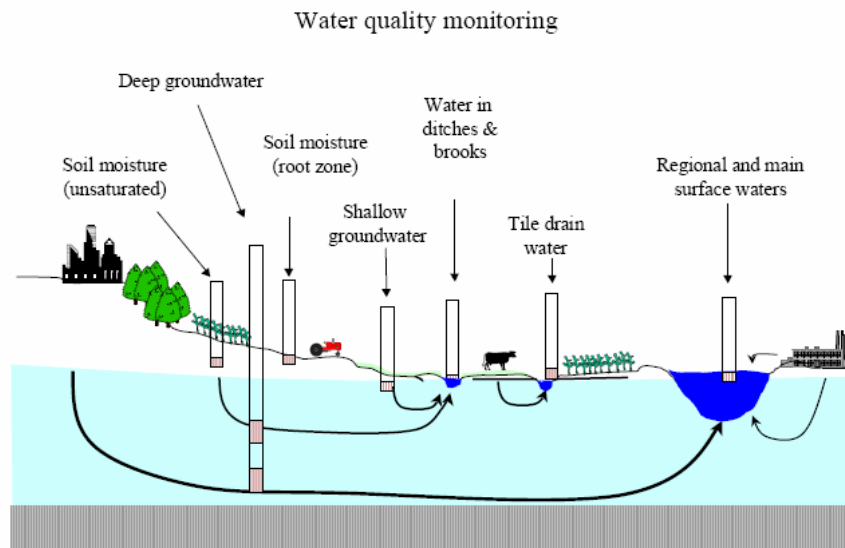
Proučavajući odnos između učinaka poljoprivrede i kakvoće vode, podaci bi se trebali prikupljati u jednakoj količini i za poljoprivredu i za kakvoću vode.

Odabir određene razine opsega za praćenje učinaka ovisi, među ostalim, o opsegu korištenom u postojećim mrežama monitoringa i razini opsega prikupljanja podataka od strane regionalnih i/ili nacionalnih tijela za druge svrhe.

Studija je pokazala da na kakvoću vode utječe ne samo poljoprivredna praksa, već i drugi faktori. Vrsta tla, hidro(geo)loške karakteristike sedimenata ili stijena, ili površinske razlike u kakvoći vode između lokacija ili kroz vrijeme. Vrsta i struktura seoskog gospodarstva, razina obrazovanosti poljoprivrednika i ima li on nasljednika ili ne primjeri su „poljoprivrednih faktora“. Ti faktori utječu na to kako se mjere politike provode u poljoprivrednoj praksi.

*Tabela: Pregled prednosti i nedostataka različitih tipova monitoringa kakvoće voda za praćenja učinaka promjena u poljoprivrednoj praksi*

<b>Vrsta monitoringa</b>	<b>Kašnjenje</b>	<b>Moć rezolucije</b>	<b>Važnost interakcije</b>
vlažnost tla	kratko	visoka	mala
drenažne cijevi	kratko	visoka	mala
plitka podzemna voda	kratko – umjereno	umjerena – visoka	mala – umjerena
duboka podzemna voda	umjereno – dugo	niska – umjerena	umjerena – znatna
jarci i potoci	kratko – umjereno	umjerena	umjerena
regionalne i glavne vode	dugo	niska	znatna



Slika: Mogućnosti praćenja kakvoće voda

(tumač: Water quality monitoring – praćenje kakvoće voda, Soil moisture (unsaturated) – vlažnost tla (nezasićeno), Deep groundwater (root zone) – duboke podzemne vode (zona korijena), Shallow groundwater – plitke podzemne vode, Water in ditches & brooks – voda u jarcima i potocima, Tile drain water – voda iz drenažnih cijevi, Regional and main surface water – regionalne i glavne površinske vode)

Definirana su dva različita pristupa za opisivanje učinka akcijskih planova na nacionalnoj razini – unapređivanje i interpolacija. Pristup s unapređivanje koristi rezultate studija o učincima promjene u poljoprivrednoj praksi na izluživanje nitrata (i kakvoću vode) na eksperimentalnim lokacijama (npr. homogene parcele). Modeli numeričkog procesa i podaci o poljoprivrednoj praksi koji obuhvaćaju promjenu na nacionalnoj razini koriste se za unapređivanje rezultata s eksperimentalnih lokacija. To državama članicama omogućuje da opišu učinak akcijskog programa na izluživanje nitrata i kakvoću vode na nacionalnoj razini. Interpolacijski pristup koristi rezultate praćenja poljoprivredne prakse i izluživanja nitrata (i kakvoće vode) za nasumičan uzorak lokacija, npr. poljoprivredna gospodarstva. Statistički modeli temeljeni na poznavanju procesa i promatranih promjena u poljoprivrednoj praksi na nacionalnoj razini koriste se na nacionalnoj razini za opisivanje učinka akcijskih programa na izluživanje nitrata i kakvoću vode.

#### **Izgleđi – Idući koraci – Raspoloživost rezultata:**

Nakon radionice prilagođeni su programi praćenja učinaka i/ili su pojačani naponi, na primjer u Engleskoj i Nizozemskoj:

Engleska:

[http://www.bluesky35.adas.co.uk/record/display\\_index.html?podlet\\_id=39&article\\_id=21](http://www.bluesky35.adas.co.uk/record/display_index.html?podlet_id=39&article_id=21)

Nizozemska: <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/680100001.html> (na nizozemskom j.)

## STUDIJA SLUČAJA – POKRAJINA ÅRHUS (DANSKA)

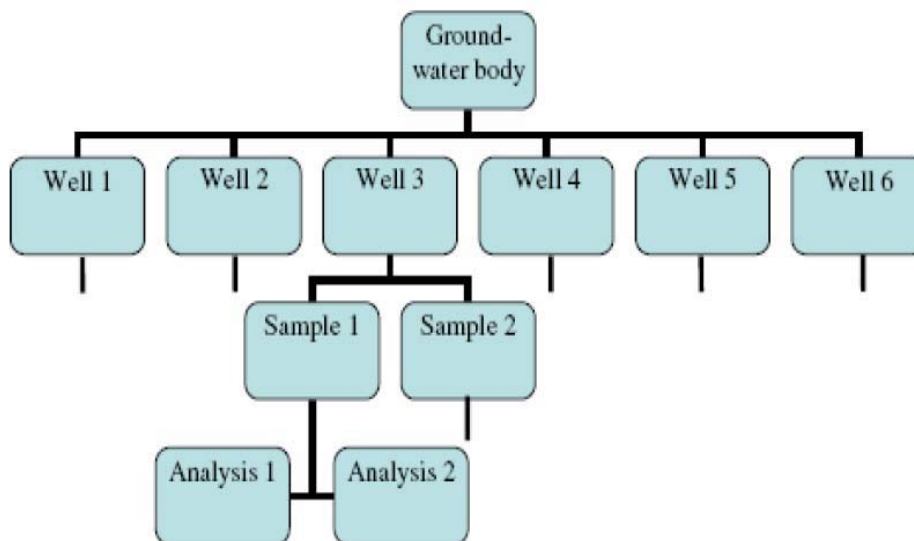
<b>Temeljne informacije</b>
<b>Naziv studije slučaja:</b> Procjena nesigurnosti monitoringa podzemnih voda
<b>Tip studije slučaja:</b> Studija lokalnog monitoringa kao dio međunarodne suradnje
<b>Web-link:</b> <a href="http://www.samplersguide.com">http://www.samplersguide.com</a>
<b>Cilj studije slučaja:</b> Demonstracija korištenja jednostavnih metoda za procjenu nesigurnosti monitoringa i za kontrolu kakvoće monitoringa
<b>Doprinos</b>
<b>Fokus ODV-a:</b> monitoring kakvoće podzemnih voda
<b>Posebni doprinosi:</b> nesigurnost analize, uzorkovanje i heterogenost vodonosnika, metode za ocjenjivanje nesigurnosti, korištenje procjena nesigurnosti za identificiranje točaka poboljšanja kao i prikladnosti svrsi (usklađenost sa skupinom ciljeva kakvoće)
<b>Karakterizacija</b> <p>Nadzornim je monitoringom utvrđeno da je skupina cjelina podzemnih voda koje su važan izvor vode za piće za grad Århus, drugi po veličini grad u Danskoj, u opasnosti od pogoršanja kakvoće zbog intenzivnog zahvaćanja vode za piće. Uspostavljen je program operativnog monitoringa kako bi se kontrolirao trend u kretanjima kakvoće vode. Cjelina podzemnih voda nalazi se u vodno-ledenjačkim pijescima ispod kojih se nalaze miocenski pijesci i gline, a iznad njih glacijalni til. Prirodna kakvoće podzemne vode je anaerobna bez nitrata, sa sumporom i reduciranim željezom, ali bez vodikovog sulfida i metana. Jedna od prijetnji za cjeline podzemnih voda je prodor kisika u vodonosnika kao rezultat zahvaćanja vode i popratni pad razine podzemnih voda. Za operativni je monitoring odabrana cjelina podzemnih voda koja predstavlja skupinu, veličine 2 km x 2 km x 10 m, koja počinje 20-30 m ispod površine.</p> <p>Pri planiranju operativnog monitoringa odlučeno je da će se otopljeno željezo koristiti kao ciljni parametar koji će biti osjetljivi pokazatelj oksidacije vodonosnika (smanjivanje koncentracije željeza s povećanjem oksidacije). Odlučeno je da će se nastojati pratiti jedan zdenac dva puta godišnje, a kao cilj operativnog monitoringa postavljena je 95%-tna vjerojatnost prepoznavanja 20%-tnog pogoršanja kakvoće. To zahtijeva da nesigurnost mjerenja uključujući i uzorkovanje i analizu ne bude veća od 10% (usporedba tih dviju stvari znači svaki od dva uzorka, interval povjerenja 95%, dvostrani test) koja odgovara povećanoj mjernoj nesigurnosti od 20%. Kako bi se osigurala usklađenost programa monitoringa s tim ciljem, provedeno je vrednovanje uzoraka, što je uključivalo sve raspoložive zdence, a na temelju rezultata uspostavljen je rutinski program kontrole kakvoće uzorkovanja koji bi se provodio s programom monitoringa za odabrani opservacijski zdenac.</p>

### Stečena iskustva – Zaključci – Preporuke

Odabran je empirijski pristup kako bi se procijenila heterogenost unutar cjeline podzemnih voda (varijacija od jednog zdenca do drugog ili tokom vremena) i mjerna nesigurnost, podijeljena u nesigurnost uzorkovanja i nesigurnost analize. Osnovno načelo empirijskog pristupa je primijeniti ponovljena mjerenja.

Uzorkovanje je provedeno korištenjem protokola za uzorkovanje podzemnih voda koji je izradio okrug. Analize je napravio nezavisan, akreditiran (ISO 17025) laboratorij koji koristi akreditirane metode i podložan je traženom jamstvu kakvoće i kontroli kakvoće analize. Procjene laboratorijske nesigurnosti i granice analitičke detekcije dobivene su iz projekta kontrole kakvoće laboratorija, a procijenjene su uz pomoć podataka dobivenih iz vrednovanja monitoringa i kontrole kakvoće.

Cilj studije vrednovanja bio je osigurati da se može dobiti mjerna nesigurnost koja ispunjava postavljeni cilj, te opisati sastavnice nesigurnosti kako bi se mogle utvrditi točke poboljšanja, ako su potrebne. Studija vrednovanja pokrenuta je s uzorkovanjem na 6 zdenaca, dva nezavisna uzorkovanja po zdencu i 2 pod-uzorka po analiziranom uzorku (vidjeti sliku). Studija vrednovanja je tako uključivala jednu rundu uzorkovanja s ukupno 12 uzetih uzoraka i 24 pod-uzorka poslana na analizu.



(Groundwater body – cjelina podzemnih voda, Well – zdenca, Sample – uzorak, Analysis – analiza)

Cilj programa kontrole kakvoće za operativni monitoring bio je osigurati da se mjerna nesigurnost s vremenom tijekom monitoringa ne povećava. Program kontrole kakvoće uspostavljen je nakon pažljive procjene rezultata iz studije vrednovanja i dizajniran je uključujući duplo uzorkovanje prilikom jednog od dva godišnja uzorkovanja u sklopu programa monitoringa.

Replicirani podaci obrađeni su korištenjem metode raspona (ISO 3085) (rezultati su u donjoj tabeli). Korištene metode izračuna demonstrirane su u vodiču o nesigurnosti uzorkovanja, izračuni se lako rade korištenjem standardnih proračunskih tablica, a jedan se primjer može učitati s internetske stranice <http://www.samplersguide.com>. Obradom podataka dobivene su procjene nesigurnosti analize, uzorkovanja i ukupnog mjerenja, pored nesigurnosti uslijed heterogenosti (u prostoru ili vremenu). Uključene su jedino slučajne pogreške, a javljanje

sustavnih grešaka uzorkovanja nije bilo količinski procijenjeno. Dosljednost dobivenih rezultata za različite kemijske parametre korištena je kao kvalitativna kontrola sustavnih pogrešaka.

Otopljeno željezo u podzemnim vodama	Proširena nesigurnost, faktor pokrivenosti 2			Heterogenost između ciljeva
	Analiza	Uzorkovanje	Mjerenje	
Validacija	2,1%	10%	10%	35% <sup>1</sup>
Kontrola kakvoće			4,0%	9,9% <sup>2</sup>

<sup>1)</sup> U studiji vrednovanja varijabilnost između ciljeva bila je između zdenaca

<sup>2)</sup> U kontroli kakvoće varijabilnost između ciljeva bila je između samih uzorkovanja, uključivši prvih šest uzorkovanja

Podaci pokazuju da bi se zahtjev za manje od 20% proširenom mjernom nesigurnosti mogao ispuniti za otopljeno željezo (validacija uzorkovanja) i da je zahtijevana mjerna nesigurnost u stvarnosti ostvarena za vrijeme rutinskog monitoringa (kontrola kakvoće uzorkovanja). Nadalje, podaci pokazuju da ako bi se zahtijevalo povećanje sigurnosti monitoringa, očito mjesto poboljšanja bila bi povećana gustoća monitoringa (prevladavajuća heterogenost između ciljeva).

#### **Izgledi – Idući koraci – Raspoloživost rezultata:**

U planiranju monitoringa podzemnih voda prikladnost svrsi (mjerna nesigurnost odgovara skupini ciljeva kakvoće) može se potvrditi jednostavnim pristupom validacije monitoringa. Prema potrebi, točke poboljšanja monitoringa mogu se utvrditi iz doprinosa nesigurnosti monitoringa (analiza, uzorkovanje, heterogenost). Jednostavnom i isplativom kontrolom kakvoće može se potvrditi da nesigurnost rutinskog monitoringa ostaje onakva kakvu zahtijeva svrha.

Razmatrajući ukupne troškove monitoringa podzemnih voda i troškove povezane s odlukama o mjerama donesenima na temelju podataka monitoringa, troškovi uključivanja početne validacije monitoringa tijekom planiranja i kasnije kontrole kakvoće monitoringa tijekom rutinskog monitoringa čine se opravdanima.

Primijenjena načela opisana su u vodiču „Procjena mjerne nesigurnosti uslijed uzorkovanja“ (Eurachem/EUROLAB/CITAC/Nordtest “Estimation of measurement uncertainty arising from sampling”).

## STUDIJA SLUČAJA –TIBER, COLLI ALBANI (ITALIJA)

<b>Temeljne informacije</b>
<b>Naziv studije slučaja:</b> Studije i gospodarenje vulkanskim vodonosnikom na području izloženom različitim pritiscima. Vulkanska struktura Colli Albani (Lacij – središnja Italija)
<b>Tip studije slučaja:</b> Studija se provodi kao dio druge faze testne aktivnosti PRB, a njome koordinira Tijelo za upravljanje rijekom Tiber uz podršku talijanskog Ministarstva okoliša, Talijanskog zavoda za zdravstvo (ISS), Talijanske agencije za zaštitu okoliša i tehničke usluge (APAT), Regionalnog tijela Lacija za upravljanje riječnim slivom, ARPA Lazio (Regionalna agencija za zaštitu okoliša), Nacionalnog istraživačkog vijeća – Zavod za istraživanje voda (Cnr Irsa), te Katedre za geološke znanosti Sveučilišta Roma 3. Na istom će se području provoditi testiranje metodologija uspostavljenih u sklopu projekta FP6 Bridge.
<b>Web-link:</b> <a href="http://www.abtevere.it/prb_2">http://www.abtevere.it/prb_2</a>
<b>Cilj studije slučaja:</b> Gospodarenje vodonosnicima izloženima intenzivnom prekomjernom iskorištavanju za potrebe kućanstava, poljoprivrede i industrije zahtijeva posebne i složene planske mjere. Kao primjer je poslužila studija slučaja vulkanske strukture Colli Albani koja se nalazi južno od Rima. Ostali aspekti od interesa na ovome području su postojanje zaštićenih područja i ovisni kopneni i vodeni ekosustavi. Određivanje graničnih vrijednosti, osobito u odnosu na kvantitativne aspekte i prirodne temeljne razine uzet će se u obzir tijekom faze vezane uz projekt Bridge. Shema ove studije je sljedeća: <ul style="list-style-type: none"><li>- opis kruženja vode u strukturi Colli Albani</li><li>- utvrđivanje prirodnih temeljnih razina</li><li>- glavni elementi u analizi pritisaka i učinaka</li><li>- određivanje područja koja zahtijevaju posebnu zaštitu</li><li>- mjere zaštite</li><li>- analiza postojećih aktivnosti praćenja</li><li>- koraci nužni kako bi mreža praćenja bila u skladu s ciljevima ODV-a</li></ul>
<b>Doprinos</b>
<b>Fokus ODV-a:</b> praćenje, zaštićena područja, procjena rizika, program mjera, vulkanski vodonosnik, prodor slane vode
<b>Posebni doprinosi:</b> interakcija podzemnih i površinskih voda, prirodne temeljne vrijednosti, program mjera
<b>Karakterizacija:</b> Vulkanska struktura Colli Albani nalazi se južno od Rima. Čini je izolirani reljef s karakterističnim izgledom krnjeg stošca koji s visinom od 970 metara iznad razine mora nadvisuje rimsku okolicu. U završnim fazama vulkanske aktivnosti vrh strukture bio je izložen



snažnim eksplozijama koje su stvorile veliku kalderu promjera oko 10 km. Danas su dva sekundarna kratera, nastala u kasnijoj fazi unutar kalderskog prstena, ispunjena jezerima Albano i Nemi.

To je područje velike važnosti u krajobraznom i kulturno-povijesnom smislu i uvelike se iskorištava još od rimskog doba. Sadrži važna prirodna zaštićena područja od lokalnog, nacionalnog i europskog interesa.

Unutar strukture Colli Albani voda cirkulira u radijalnom smjeru od središta do periferije slijedeći složene obrasce, a karakterizira je znatna interakcija između kruženja podzemnih i površinskih voda. U takvom geološkom ambijentu u središnjem je dijelu nastao vodonosnik koji se sastoji od vulkanskih stijena niske propusnosti, te bazalni vodonosnik, koji se sastoji od morskih predvulkanskih glinenih naslaga i sadržan je u starijim vulkanskim stijenama. Voda cirkulira i kroz jezera od gornjih do bazalnih vodonosnih kompleksa. Karakteristični izvori u ovom sustavu su linearni izvori koji napajaju cirkuliranje stalnih površinskih voda na dnu korita. Cirkuliranje vode podijeljeno je u četiri sektora ograničena mogućim razinama, gdje je bilo moguće napraviti izračun vodne bilance.

Nadalje, neka područja gdje voda dolazi u kontakt s magmom iz kasnijih faza vulkanske aktivnosti karakterizira prisutnost termalnih izvora i vode s posebnim kemijskim sastavom.

U posljednjih 50 godina ovo je područje izloženo sve većim pritiscima uslijed širenja gradskih naselja, kuća, industrijske aktivnosti i poljoprivrede (usjevi koji traže vodu). Potražnja za vodom bila je uglavnom zadovoljavana zahvaćanjem podzemnih voda iz zdenaca, čemu je pomogao razvoj tehnologija bušenja i razmjerna plitkost vode.

#### **Stečena iskustva – Zaključci – Preporuke**

Prvi korak bio je izraditi hidrogeološku studiju kako bi se mogli napraviti izračuni.

Izračuni hidrogeološke bilance rađeni su analiziranjem prostorne i vremenske varijabilnosti oborina i klimatskih uvjeta na mjesečnoj bazi, analiziranjem učinaka morfoloških, litoloških i pedoloških uvjeta, vegetacije i korištenja prostora na otjecanje i evapotranspiraciju s većim prostornim detaljima, uz procjenu crpljenja podzemnih voda.

Najvažniji rezultati hidrogeološke studije provedene na vodonosniku Colli Albani pokazuju da se posljednjih godina osnovni protok u površinskim vodotocima smanjio za 50 % uslijed smanjene količine oborina, osobito tijekom zime. Točnije, razina vode u jezeru Albano, koje je u izravnoj vezi s vodonosnikom, snizila se za oko 2 m.

Imajući na umu da je osnovni površinski protok ključan za održavanje vodenih ekosustava i da protok vodnih cjelina koje prihvaćaju ispuste otpadnih voda određuje stanje kakvoće vodnih cjelina, vrlo je važno održati osnovni protok na kompatibilnoj razini sa životom vodenih ekosustava i ostvarivanjem dobrog stanja kakvoće.

Još jedno pitanje koje zaslužuje pažnju je omjer između procijenjenih crpljenja i efektivne infiltracije.

Jedinice bilanciranja imaju različite omjere crpljenje/prihranjivanje i mogu se promatrati kao četiri vodne cjeline.

Za potrebe studije razvijena je metodologija za identificiranje sektora u kojima su koncentrirana crpljenja i, shodno tome, i najkritičnije situacije. Ta se metodologija temelji na sedam indeksa koji se tiču i uzroka (crpljenja) i učinaka (promjena ravnoteže vodonosnika), izračunatih prostorno na mreži s 250 širokih ćelija.

Javila se potreba hitnih intervencija kroz primjenu zaštitnih mjera kojima su postavljena pravila

za korištenje podzemnih voda na temelju različitih stupnjeva pozornosti koji su otkriveni.

**Izgledi – Idući koraci – Raspoloživost rezultata:**

Učinkovito upravljanje vodama u vulkanskoj strukturi Colli Albani mora imati za cilj ispunjavanje općih karakteristika, poput očuvanja prihvatljive razine ravnoteže vodonosnika i posebnih ciljeva, poput zaštite određenih područja.

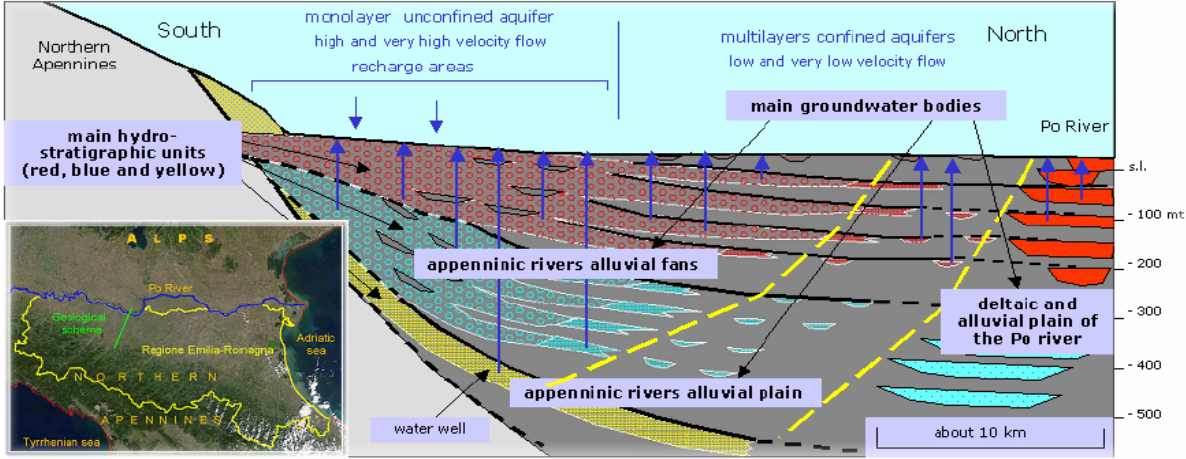
U pogledu kvantitativnih aspekata nužno je:

- provjeriti trendove eksploatacije vodonosnika mjerenjem piježometarskih razina,
- provjeriti trendove površinskog osnovnog protoka mjerenjem perifernih vodotoka,
- provjeriti trendove na zahvatima mjerenjem oborina i temperature.

U pogledu kvalitativnih aspekata nužno je:

- definirati osnovne i specifične kemijske parametre u određenim uvjetima,
- definirati interakciju između ispuštene vode i slatke vode u postojanoj mreži,
- definirati prikladnost jezera za kupanje.

## STUDIJA SLUČAJA – REGIJA EMILIA-ROMAGNA (ITALIJA)

<b>Temeljne informacije</b>
<b>Naziv studije slučaja:</b> Mreža praćenja podzemnih voda u regiji Emilia-Romagna (Italija)
<b>Tip studije slučaja:</b> Mreža praćenja razine i kemijskog stanja podzemnih voda u aluvijalnoj ravnici regije Emilia-Romagna (dio doline rijeke Po – Italija). Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli; Servizio e Risanamento Risora Acqua); ARPA Regione Emilia-Romagna
<b>Web-link:</b> <a href="http://www.arpa.emr.it/acquarer/">http://www.arpa.emr.it/acquarer/</a>
<b>Cilj studije slučaja:</b> potpora praćenju podzemnih voda
<b>Doprinos</b>
<b>Fokus ODV-a:</b> praćenje podzemnih voda, prezentacija stanja podzemnih voda
<b>Posebni doprinosi:</b> hidrogeološka struktura vodonosnika, značajke i optimiziranje mreže praćenja
<b>Karakterizacija:</b> <p>Aluvijalna ravnica u regiji Emilia-Romagna, površine 12.000 km<sup>2</sup>, sadrži aluvijalni vodonosnik iz razdoblja pleistocena debljine do 700 m. Podijeljen je u tri glavne hidrostratigrafske jedinice, od kojih je svaka podijeljena u 4-5 podjedinica. Unutar jedinica prepoznaju se tri različite cjeline podzemnih voda (aluvijalne lepeze apeninskih rijeka, aluvijalna ravnica apeninskih rijeka, deltna i aluvijalna ravnica rijeke Po). Prema najsnažnijim kvantitativnim i kemijskim obilježjima, aluvijalne lepeze apeninskih rijeka mogu se smatrati glavnim cjelinama podzemnih voda. Područja prihranjivanja nalaze se na južnom rubu, gdje su svi vodonosnici pomiješani i otvoreni, dok prema sjeveru vodonosnici postaju višeslojni i zatvoreni.</p> <p>Mreža praćenja podzemnih voda na aluvijalnoj ravnici u regiji Emilia-Romagna započela je 1976. mjerenjem razine vode i električne vodljivosti, a mjerenja kemijskih parametara započela su 1988. Mrežu sada čini 575 zdenaca (oko 1-25 km<sup>2</sup>): na njih 112 mjeri se količina, na 143 kakvoća, a na 320 oboje.</p>

<i>Slika 1: Shematski poprečni presjek i pojednostavljen konceptualni model vodonosnika aluvijalne ravnice u regiji</i>

*Emilia-Romagna (Northern Appennines – sjeverni Apenini, South – jug, monolayer – jedan sloj, unconfined aquifer – otvoreni vodonosnik, high and very high velocity flow – velika i vrlo velika brzina tečenja, recharge areas – područja prihranjivanja, multilayers – više slojeva, confined aquifers – zatvoreni vodonosnici, North – sjever, main groundwater bodies – glavne cjeline podzemnih voda, main hydrostratigraphic units (red, blue and yellow) – glavne hidrostratiografske jedinice (crveno, plavo i žuto), Po River – rijeka Po, appenninic river alluvial fans – aluvijalne lepeze apeninskih rijeka, appenninic river alluvial plain – aluvijalna ravnica apeninskih rijeka, water well – vodna bušotina, deltaic and alluvial plain of the Po river – delta i aluvijalna ravnica rijeke Po)*

## **Stečena iskustva – Zaključci – Preporuke**

### **Značajke mreže praćenja**

Glavni cilj mreže. Klasificirati podzemne vode prema talijanskim i europskim zakonima. Provjertiti stanje podzemnih voda. Definirati kvantitativni i kvalitativni kapacitet vodonosnika. Kontrolirati prirodno stanje vodonosnika.

Dizajn mreže. Mreža je pokrenuta 1976. s pravilnom raspodjelom opažačkih zdenaca. S vremenom smo prorijedili gustoću ondje gdje nije bilo osjetnih varijacija u količinskom ili kemijskom stanju, a povećali smo broj opažačkih zdenaca:

- ondje gdje je razina vode niska uslijed glavnog crpljenja i u blizini crpne stanice za vodu za piće,
- na područjima prihranjivanja i ondje gdje je pijezometrijski gradijent visok (npr. 6-8 ‰)
- ondje gdje postoje onečišćujuće tvari (prije svega nitrati) i na ranjivim područjima,
- na prioritetnim cjelinama podzemnih voda (aluvijalne lepeze) gdje zdenca postavljamo duž linije toka kako bi se mogle analizirati kemijske varijacije.

Iz tog je razloga gustoća opažačkih zdenaca veća na područjima aluvijalnih lepeza (1-15 km<sup>2</sup>) nego na područjima aluvijalnih ravnica. U svim smo slučajevima prilagodili mrežu praćenja hidrogeološkom konceptualnom modelu kako bismo imali informacije za svaku jedinicu i za svaku cjelinu podzemnih voda (vidjeti raspodjelu zdenaca na slici 2). Dubina opažačkih zdenaca kreće se između 5 i 700 m (prosječna dubina: oko 100 m).

Učestalost praćenja količinskog stanja: Između 1976. i 1998. provodili smo 4 mjerenja godišnje. Nakon statističkog proučavanja raspoloživih podataka shvatili smo da su 2 mjerenja godišnje dovoljna za utvrđivanje višegodišnjeg trenda. S druge strane, u slučaju visokog pijezometrijskog gradijenta (snažno crpljenje, blizina rijeke, područja prihranjivanja) 4 mjerenja godišnje nisu dovoljna za razumijevanje situacije. Stoga smo od 1998. nastavili s 2 mjerenja godišnje na velikom broju zdenaca (oko 400), te 12 mjerenja godišnje na područjima pod najvećim pritiskom (na 30 opažačkih zdenaca).

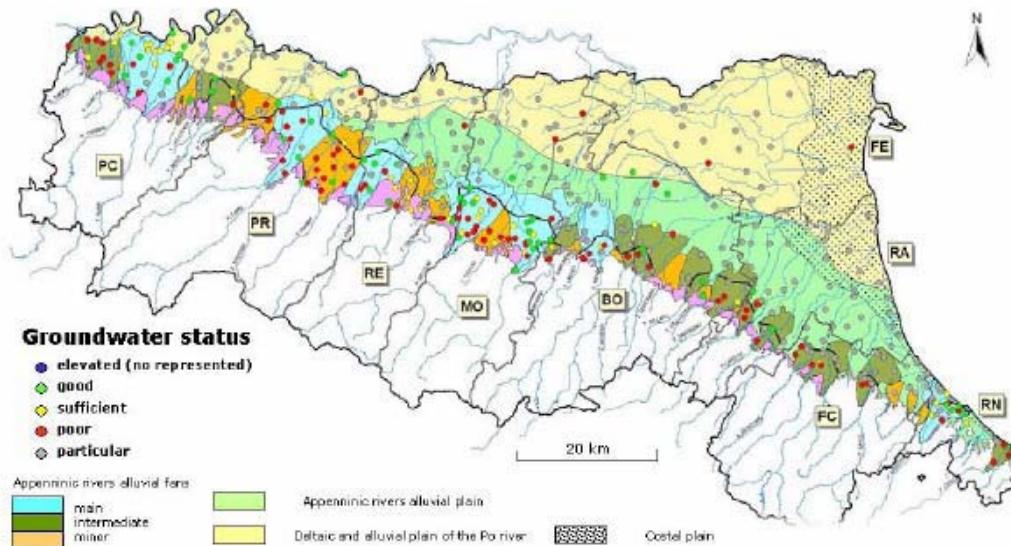
Učestalost i vrsta praćenja kemijskog stanja: Ovaj se monitoring provodi svakih šest mjeseci. Nakon geostatističkog pristupa optimizirali smo brojeve parametara za analizu. Sada imamo 4 skupine zdenaca, na kojima, ovisno o njihovoj važnosti, analiziranom između 67 i 27 kemijskih i mikrobioloških parametara.

Troškovi (mjerenja razina, uzorkovanja i analize) su u 2003. iznosili oko 550,000 eura.

### **Stanje podzemnih voda**

Na temelju kretanja pijezometrijske vrijednosti utvrdili smo deficit otjecanja kao količinu vode potrebne za ostvarivanje ravnoteže u vodonosniku. Dakle, količinsko se stanje određuje na temelju vrijednosti deficita otjecanja. Kemijsko se stanje određuje na temelju koncentracije sedam osnovnih parametara i 33 dodatna parametra. Tada smo odredili stanje podzemnih voda na svakom opažačkom zdencu superpozicijom podataka o količinskom i kemijskom stanju. Kategorije najslabije kakvoće s naj snažnijim ljudskim učinkom (crvene i žute točke na slici 2)

nalaze se prvenstveno na područjima prihranjivanja aluvijalnih lepeza. U isto se vrijeme na područjima glavnih aluvijalnih lepeza nalaze i zelene točke, koje su znak dobrog stanja, zbog visoke hidrauličke provodnosti vodonosnika i velikog razrjeđenja s čistom slatkom vodom rijeke. Sive točke na slici 2, koje označuju posebne uvjete (bez ljudskog učinka, ali slabog kemijskog stanja zbog prirodnih uvjeta), nalaze se na sjevernoj strani, gdje su vodonosnici izrazito zatvoreni, brzina podzemnih voda je smanjena, a razmjena između podzemnih voda i sedimenata je veća.



Slika 2: Stanje podzemnih voda preuzeto iz Karte vodnih točaka (Piano di Tutela delle Acque) regije Emilia-Romagna. Svaka točka predstavlja opažački zdenac. (Groundwater status – stanje podzemnih voda, elevated (not represented) – povišeno (nije prikazano), good – dobro, sufficient – zadovoljavajuće, poor – loše, particular – posebno, Appenninic rivers alluvial fans – aluvijalne lepeze apeninskih rijeka, main – glavne, intermediate – prijelazne, minor – manje, Appenninic rivers alluvial plain – aluvijalna ravnica apeninskih rijeka, Deltaic and alluvial plain of the Po river – deltna i aluvijalna ravnica rijeke Po, coastal plain – obalna ravan)

### Izgledi – Raspoloživost rezultata:

Podaci su dostupni na adresi <http://www.arpa.emr.it/acquarer/> (na talijanskom jeziku), <http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/> (na talijanskom i engleskom jeziku), <http://www.arpa.emr.it/> (na talijanskom jeziku), [http://www.ermesambiente.it/ermesambiente/acque/servizio\\_acqua](http://www.ermesambiente.it/ermesambiente/acque/servizio_acqua) (na talijanskom jeziku), <http://www.ermesambiente.it/PianoTutelaAcque> (na talijanskom jeziku).

### Idući koraci:

- postavljanje 50 instrumenata za kontinuirano mjerenje razine podzemnih voda
- identificiranje mreže za ocjenjivanje programa mjera